# GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA
I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

SADRŽAJ



GOD. VIII VELJAČA 1956 BROJ 1

# Obavijest pretplatnicima!

Molimo sve naše pretplatnike, koji još nisu uplatili pretplatu za 1956. god., da to učine odmah, koristeći priloženu čekovnu uplatnicu na kojoj je upisana dužna svota za pretplatu.

Pripominjemo, da se u napisanoj svoti nalazi i eventualno dugovanje pretplate iz prošlih godina.

Nadalje, mole se pretplatnici koji ne žele dalje primati naš časopis, da vrate ovaj broj. Sve one koji ne vrate poslani im broj 1/1956., smatramo i nadalje svojim pretplatnicima.

Pretplata za cijelu godinu iznosi:

a) za pojedince (osobe) Din 600.—;

b) za poduzeća i ustanove Din 900.—.

Pojedini broj stoji Din 100.—.

Pretplatu treba doznačiti na naš tek. račun kod Nar. banke FNRJ, Filijala Zagreb, br. 404-T-1151. Naslov računa glasi: »GRAĐEVINAR« časopis Društva građevinskih inženjera i tehničara NR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. br. 6.

Članovi Društva građevinskih inženjera i tehničara NR Hrvatske, koji redovno plaćaju povišenu članarinu, dobivaju časopis »GRAĐEVINAR« besplatno.

Časopis izlazi 6 puta godišnje.

# OBAVIJEST!

Uredništvo časopisa »GRAĐEVINAR« ima na zalihi:

brojeve 1, 10—11 i 12 iz 1929. god.,

sve brojeve iz 1950., 1951., 1952., 1953. i 1954. g.,

koji se mogu naručiti uz cijenu od Din 10.— po broju, odnosno Din 20.— po dvobroju.

Narudžbe se šalju na:

Uredništvo časopisa »GRAĐEVINAR«, Zagreb, Berislavićeva 6

»GRAĐEVINAR« IZLAZI U VEĆEM FORMATU 6 PUTA GODIŠNJE. — PRETPLATA na cijelu godinu iznosi Din 600.—, na pola godine Din 300.—, pojedini broj Din 100.—. Za poduzeća god. pretplata Din 900.—. Tekući račun kod Narodne banke FNRJ, filijale Zagreb br. 404-T-1151. — Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH. — Rukopisi se šalju uredništvu »Građevinara«, Zagreb, Berislavićeva ul. 6, telefon 33-325. — Uređuje redakcioni odbor. — DOPISE I ČLANKE treba uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, u originalu i jednoj kopiji, pisano s razmakom između redaka. Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.

GRAĐEVINAR

GOD. VIII. VELJAČA 1956 BROJ 1

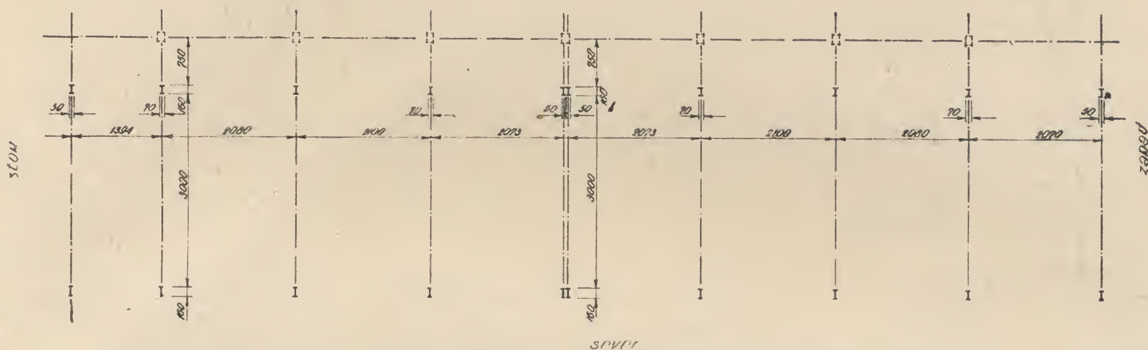
# HALA ZA VARENJE BRODOGRADILIŠTA U SPLITU

Ing. **Branko Žeželj**, upravnik Instituta za ispitivanje materijala NRS

Nova hala za varenje sagrađena je u kompleksu jednog pogona od više paralelnih hala sa kojima se ona ukršta pod pravim uglom. Poprečne hale, da ih tako nazovemo, izgrađene su ranije u armiranom betonu, sem poslednjeg polja dodirnog sa novog gradnjom.

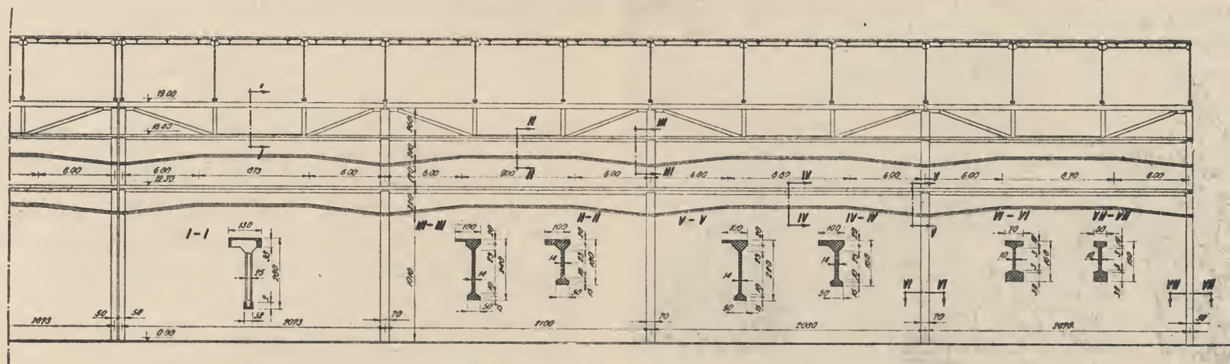
Procesom proizvodnje bilo je predviđeno da kranovi iz poprečnih hala mogu ući (sa prepustom kranskih staza) u halu za varenje i predati teret njenim kranovima. Sa druge strane u bočnom zidu trebalo je predvideti mogućnost otvaranja vrata na celoj širini između stubova. Iz ovih uslova proizašao je razmak stubova u podužnom pravcu od 21,0 m. Istočni kalkan je normalno zatvoren, dok je sa zapadne strane hala ostala potpuno otvorena.

Hala je posluživana sa više kranova na dva reda kranskih staza na visini od 12,3 i 16,40 m. Na gornjoj stazi kreće se teški kran sa korisnom nosivošću od 40 tona, a na donjoj dva krana po 10 tona nosivosti. Obe ove kranske staze morale su biti postavljene iznad slobodnog profila kranova iz poprečnih hala, jer su jedni kranovi predavali teret drugima. Iz položaja kranskih staza rezultirala je ukupna slobodna visina hale od 19,0 m, mereno od poda do donje ivice konstrukcije.



Slika 1 — Osnova hale

Rađena na primorju, hala je trebala da primi neznatno opterećenje od snega (svega 35 kg/m$^2$ osnove) ali su opterećenja od vetra bila utoliko teža. Svojim severnim bokom i istočnim kalkanom hala je izložena jakim udarima bure, a sa zapadne strane kratkotrajnim ali vrlo jakim udarima zapadnog vetra. Hala je dimenzionisana za pritisak vetra od 130 kg/m$^2$.



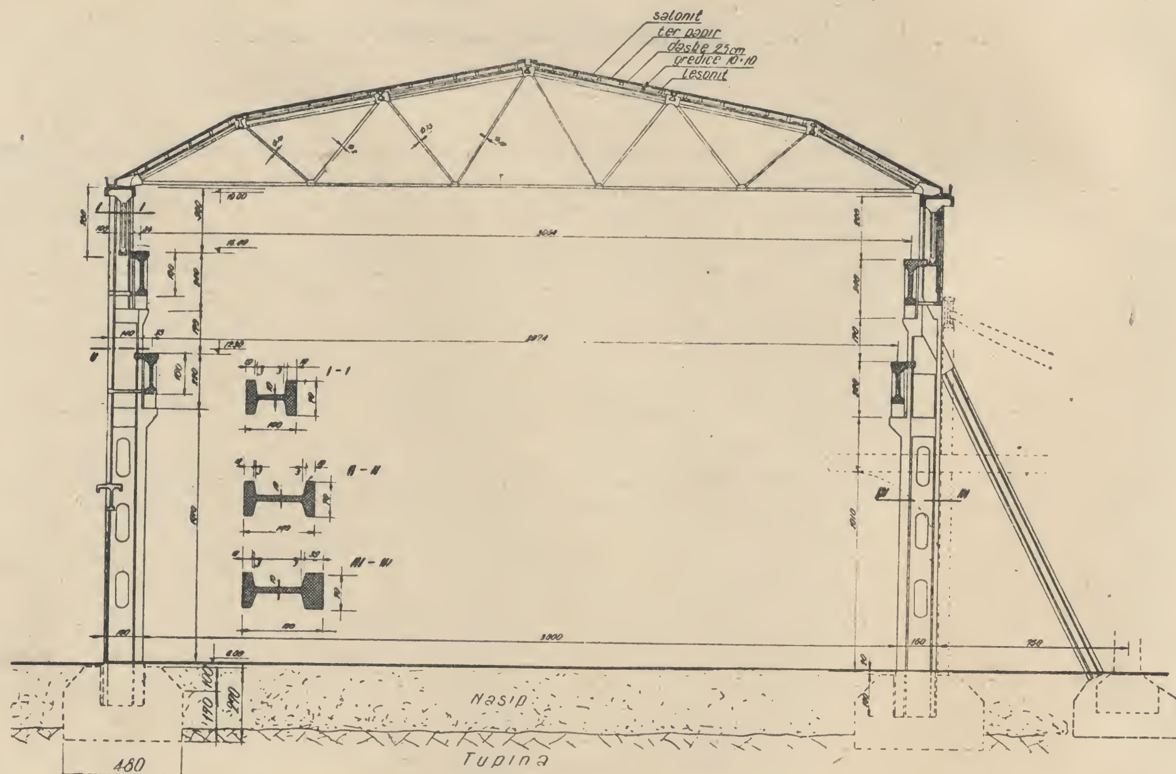
Slika 2 — Podužni presek

## Opis dispozicije

Ukupna širina hale je 33,2 m, a čist unutrašnji otvor 30,0 m (sl. 1 i 2). U podužnom pravcu hala ima 7 polja po 21,0 m, sa jednim poljem od 14,0

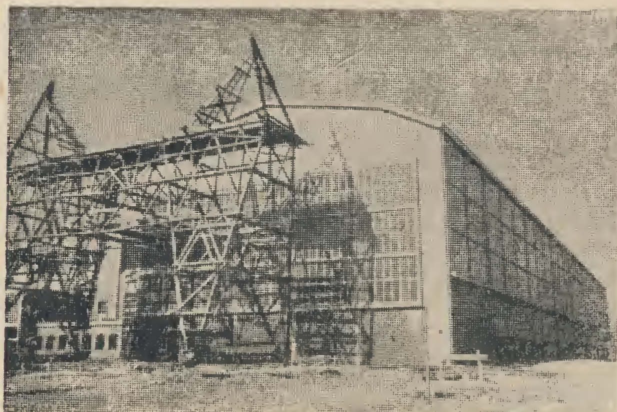
m i ukupnom dužinom od 160,8 m. Površina hale iznosi 5.300 m². Dilatacionom razdelnicom u sredini hala je u podužnom pravcu podeljena na dva dela po 4 polja. U poprečnom pravcu hala je slobodna od dodira sa bočnim halama.

strukcije jesu: stubovi sa slobodnom visinom od 19,0 m na rastojanju od 21,0 m (sl. 3); dva reda kranskih staza sa poljima od 21,0 m; krovne podvlake raspona 20,5 m; i krovne rešetke sa rasponom od 32,2 m.




Slika 3 — Poprečni presek

Sve konstrukcije, bez izuzetka, izrađene su od prednapregnutog betona, kao potpuno montažne, često sastavljene iz više pojedinih delova. Sekundarni elementi krova: rožnjače, rogovi, i U-nosači



Slika 4 — Stakleni istočni kalkan i severni podužni zid. Vidi se drvena skela koja je montirala sve elemente u hali

kalkana izrađeni su u jednom tvorničkom pogonu van gradilišta; sve ostale konstrukcije izrađene su i sklopljene na gradilištu. Glavni delovi kon-

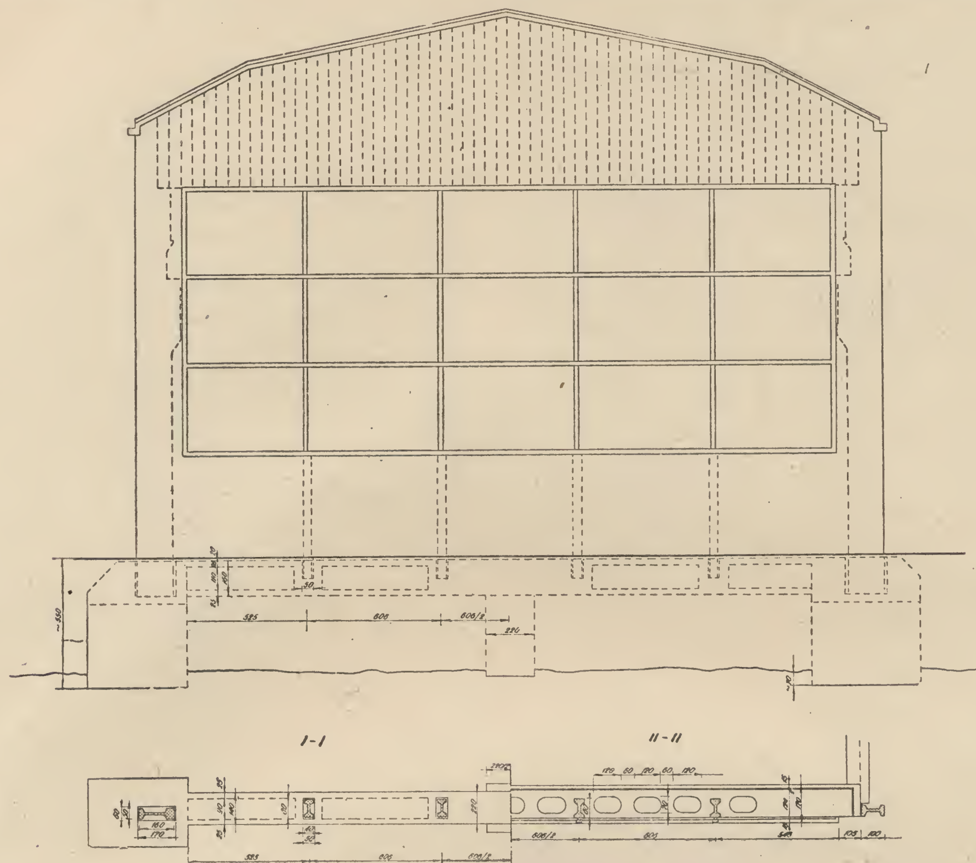
Sa strane južnog bočnog zida hala je otvorena prema poprečnim halama do visine donje ivice gornje kranske staze. Na toj visini nalaze se nosači raspona 21,0 m koji nose gornji deo prozora.

Severni bočni zid visine 19,0 m i dužine 160,0 m zatvoren je na celoj svojoj visini u staklu (sl. 4). Kod srednjih šest polja predviđeno je da se izrade vrata koja se otvaraju na celoj širini između stubova; za nošenje vrata i gornjeg dela staklenog zida predviđeni su na visini od 7,0 m nosači vrata i prozora. Površine između glavnih stubova podeljene su sekundarnim vertikalnim stupcima i horizontalnim prečagama u manja polja u koja su ugrađeni betonski prozori. Horizontalne prečage staklenog zida nalaze se u visini donjih flanša kranskih staza i sa njima su povezane rešetkastom prednapregnutom ispunom, obrazujući tako ležeće spregove protiv vetra.

Istočni kalkan pretstavljao je veliku ravan izloženu jakom vetru sa spoljne i sa unutrašnje strane. Donji deo do visine od 16,0 m podeljen je vertikalnim stupcima uklještenim u temeljnu podvlaku i oslonjenim na gornjoj strani o jedan horizontalno položeni nosač (sl. 5), koji svoje reakcije predaje kranskim stazama. I ovaj ležeći nosač raspona 30,0 m, na visini od 16,0 m izrađen je od prednapregnutog betona, na montažni način,

iz više delova. Gornji deo kalkana od kote 16 do krovne ravni zatvoren je prefabrikovanim prednapregnutim daskama U profila, koje se na donjoj strani oslanjaju na ležeći nosač, a na gornjoj o rubni nosač krovne ravni.

naponom od 85 kg/mm²; elementi krova, rožnjače, rogovi i U-profili izrađeni su u tvorničkom pogonu i prednapregnuti na bazi prijanjanja čeličnom žicom sa čvrstoćom od 200 kg/mm² i iskorišćenjem do 100 kg/mm² pri trajnom prednaponu.




Slika 5 — Konstrukcija istočnog kalkana

Zapadni kalkan ostao je potpuno otvoren (sl. 6).

U čvorovima krovnih rešetki, na razmaku od 5,7 m, postavljene su rožnjače sa rasponom od 7,0 m, a između njih rogovi na rastojanju od 2,3 m (sl. 7). I jedni i drugi izrađeni su kao prefabrikovani prednapregnuti nosači. Krov je pokriven talasastim azbest-cementnim pločama, na daščanoj podlozi i drvenim gredicama.

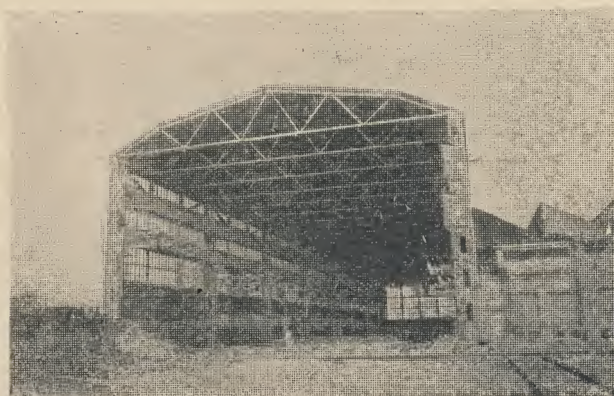
## Materijali

Za sve prednapregnute konstrukcije predviđen je beton marke 450, a izuzetno kod gornjih kranskih staza, koje su bile jako napregnute, marka betona 500. U toku cele gradnje posvećena je ozbiljna pažnja kvalitetu betona na gradilištu, tako da je redovito postizavan kvalitet betona preko marke 500.

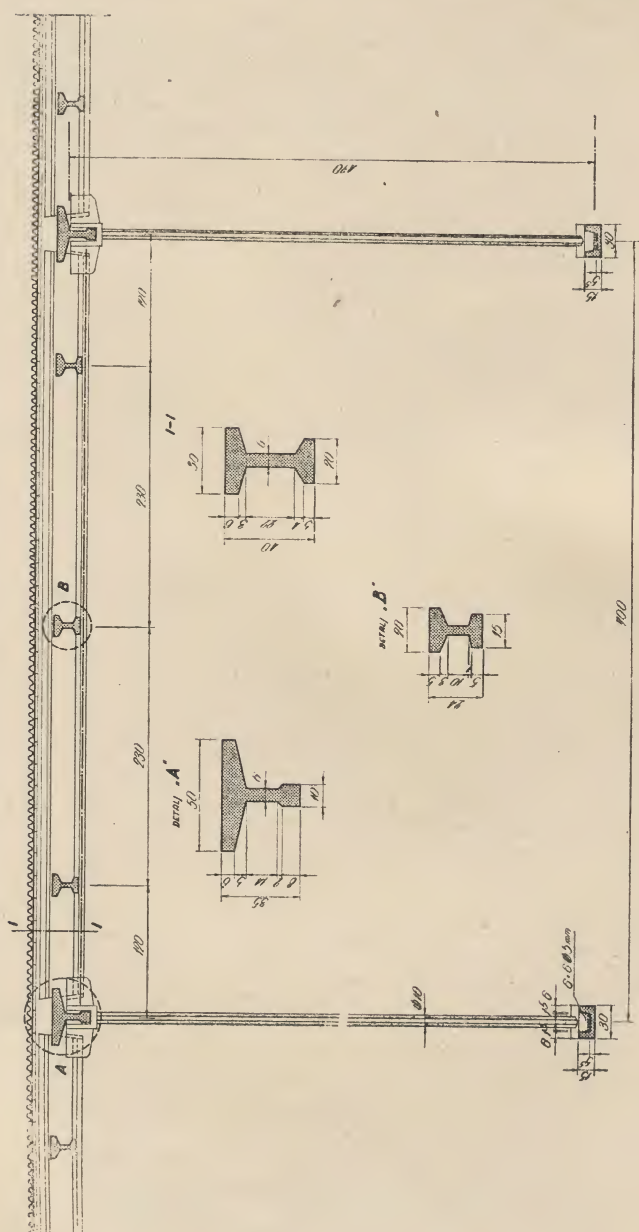
Prednaprezanje je vršeno na dva načina: za sve konstrukcije izrađene na gradilištu upotrebljena je čelična žica $\Phi$ 5 mm, sa čvrstoćom na kidanje 150 kg/mm² i uslovljenom granicom elastičnosti od 125 kg/mm², računajući sa trajnim pred-

## Fundiranje

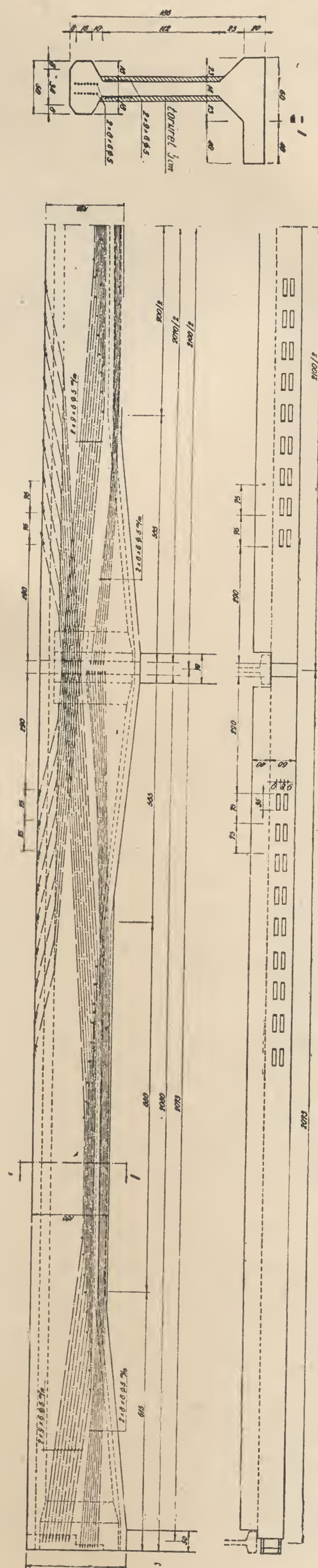
Oslanjanje je izvršeno na laporovitoj steni koja se prostirala u nagibu, tako da su temelji spušteni na nejednaku dubinu od 2,8 do 5,5 m. Iznad stene nalazio se sloj nasipa pretežno od drobljenog laporca, koji je znatno otežavao iskop zbog naglog priliva vode kod dubljih temelja.



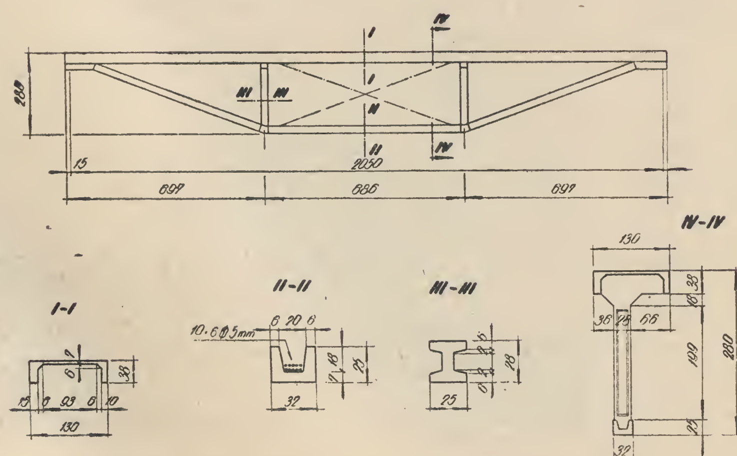
Slika 6 — Zapadni kalkan



Slika 7 — Detalj podužnog preseka krova



Slika 9 — Detalj kranske staze i položaj kablova u preseku



Slika 8 — Konstrukcija krovne podvlake

Temelji su izrađeni od nabijenog betona sa lakim armiranjem u gornjem delu u kom je ostavljena rupa za uklještenje stubova.

### Stubovi

Usled znatnog pritiska vetra na bočni zid nije se, na prihvatljiv način, moglo rešiti stubove, računajući ih kao slobodno stojeće i konzolno uklještene u temelje. Iskorišćen je položaj poprečnih hala, da se između njihovih kranskih staza postavi po jedan kosnik za podupiranje desnog stuba. Po statičkom sistemu stubovi su rešeni kao celina zajedno sa krovnim vezačima. Po obliku stubovi su duplog T preseka sa promenljivom širinom, koja se stepenasto menja od 100—160 cm; glavni deo materijala koncentrisan je u flanšama, sa rebrom debljine 10 cm i otvorima za olakšanje. Naponi u betonu iskorišćeni su do maksimuma od 150 kg/cm$^2$, za najnepovoljniju kombinaciju opterećenja. Stubovi su podužno prednapregnuti snopovima od po 6 $\phi$ 5 mm, postavljenim u uglovima, na dodiru flanše sa rebrom. Stubovi južnog zida sastoje se iz dva dela: glavnog stabla stuba i kosnika, koji je morao da radi naizmenično na pritisak i na zatezanje.

Po obliku duplog T preseka, kosnik je prednaprezanjem povezan sa postojećim temeljima poprečnih hala koji su morali biti pojačani podbetoniranjem.

Stubovi su izrađeni na zemlji i montirani kao potpuno gotovi. Betoniranje je vršeno u blizini temelja, kako bi otpala potreba podužnog transporta. Montaža je vršena pomoću jedne improvizirane drvene skele (sl. 10), koja se kretala na šinama duž hale, obuhvatajući celu širinu. Na gornjem delu skele postavljene su, na prednjoj i bočnim stranama, jednostavne dizalice od čeličnih nosača, sa odgovarajućim priborom za montažu do težine od 30 tona. Sa ovom montažnom skelom obavljena je montaža svih teških i lakih elemenata hale.

### Kranske staze

Veličina polja, oblik i dimenzije gornjih i donjih kranskih staza vide se iz podužnog preseka (sl. 2). Iako montažne i sastavljene iz četiri dela — prosta nosača dužine 21 m i težine 26 tona — kranske staze su konstruisane i sračunate kao kontinualni prednapregnuti nosač preko četiri polja. Pojedini nosači su izbetonirani na zemlji ispod svog budućeg položaja u konstrukciji, zatim vertikalno podignuti i oslonjeni na konzole stubova, gde su betonirani oslonački montažni sastavi.

Prednaprezanje je izvršeno u dve faze: na zemlji za prednaprezanje prostih nosača i naknadno posle montaže i betoniranja sastava radi postizanja kontinuiteta. Snopovi od po 6 $\phi$ 5 mm čeličnih žica za utezanje prostih nosača postavljeni su unutar betonskog preseka pod zaštitom tankih limenih cevčica. Ostali deo čeličnih žica za postizanje kontinuiteta postavljen je sa strane rebra nosača, ide horizontalno na srednjem delu, previja se oko čeličnih zavrtaka i ide koso u susedno polje, gde se ukotvljava u gornju flanšu



Slika 10 — Montirani stubovi i kranske staze

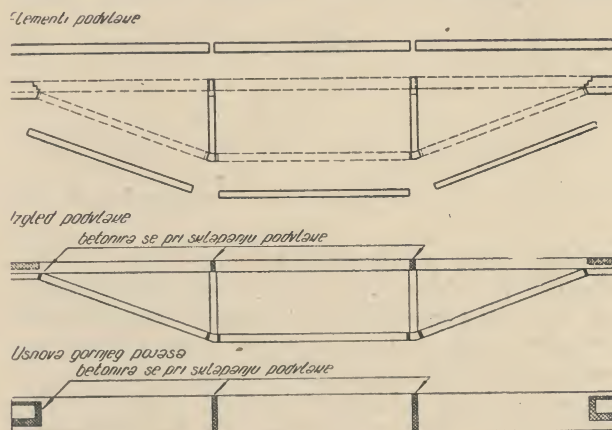
(sl. 9). Ukrštanjem ovih žica postavljenih sa spoljne strane nosača, postignuta je dovoljna sila prednaprezanja, nužna za postizanje punog kontinuiteta staza iznad oslonaca.

Statički proračun izrađen je vrlo brižljivo, jer su naponi u kranskim stazama iskorišćeni do dopuštenog maksimuma.

Posle završetka građevine izvršeno je, u dva maha, probno opterećenje kranskih staza — prvi put statičkim opterećenjem, a drugi put dinamičkim opterećenjem kranovima u eksploataciji. U oba slučaja utvrđena je vrlo dobra podudarnost izmerenih i računskih vrednosti ugiba i napona u konstrukcijama, što ukazuje da je kontinuitet uspešno ostvaren i da kranske staze, iako izrađene na montažni način, deluju u potpunosti kao kontinualne i prema statičkim predviđanjima.

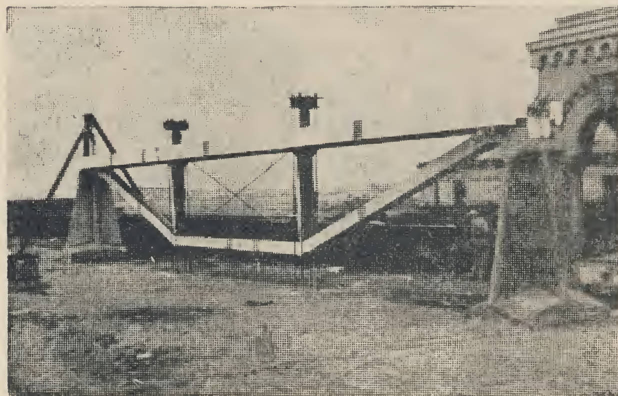
### Krovna podvlaka

Krovni vezači su na među-rastojanju od 7,0 m, dok su glavni stubovi na razmaku 21,0 m; zato je na vrhu stuba, na visini od 19,0 m, trebalo predvideti krovnu podvlaku sa rasponom od 21,0 m, koja treba da nosi dva krovna vezača u trećinama raspona. Ovaj zadatak rešen je pomoću jedne




Slika 11 — Konstrukcija krovne podvlake iz delova

podvlake specijalne konstrukcije, koja se u hali skoro i ne zapaža, jer se uklapa u rešenje staklenog zida. Konstrukcija je u glavnim pojedinostima prikazana na sl. 8. Radi se o prednapregnutoj rešetki specijalnog tipa sa ukrštenim srednjim



Slika 12 — Probna krovna podvlaka u Beogradu

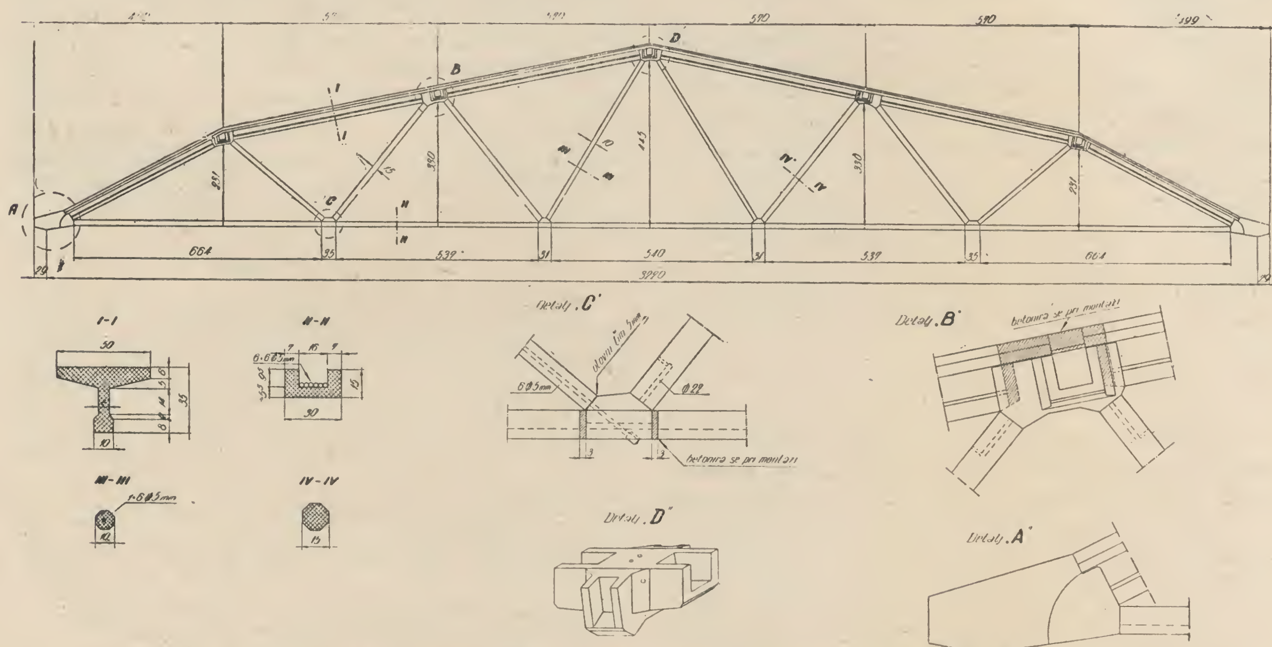
vitkim dijagonalama. Gornji pritisnuti pojas ima znatnu širinu od 110 cm, jer, pored funkcije pritisnutog pojasa rešetke za vertikalno opterećenje, služi se i za prijem bočnog pritiska vetra, a ujedno obrazuje i krovni venac građevine. Prednapregnut je donji pojas i srednje dijagonale, koje se, ustvari,

Rešetka je sastavljena iz više zasebnih delova, štapova i čvorova (sl. 11), koji su prefabrikovani van gradilišta i doneti kao gotovi na mesto sklapanja, koje je izvršeno na zemlji neposredno ispod docnijeg položaja podvlake na krovu. Montiranje je izvršeno istom ranije pomenutom skelom.

Radovima na gradilištu prethodila je izrada jedne probne rešetke u Beogradu (sl. 12). Na ovoj konstrukciji izvršena je proba prefabrikacije i sklapanja podvlake i praćeno ponašanje konstrukcije u toku prednaprezanja. Probnim opterećenjem do sloma izvršeno je svestrano ispitivanje konstrukcije i utvrđeno njeno ponašanje, koje je bilo u punoj saglasnosti sa statičkim pretpostavkama.

### Krovne rešetke

Više razloga upućivalo je projektanta da krovni vezači budu što lakši i da ne zauzimaju znatnijeg mesta na gradilištu, koje je bilo vrlo skučeno. Nađeno je rešenje sa vezačima rešetkastog prednapregnutog sistema, koji su se mogli prefabrikovati u delovima i doneti kao gotovi na mesto sklapanja. Krovni vezači raspona 32,2 m postavljeni su na međusobnom razmaku od 7,0 m. Konstrukcija rešetke prikazana na sl. 13 sastoji se iz većeg broja prefabrikovanih elemenata, štapova i čvorova, koji su izrađeni van gradilišta i doneseni kao gotovi na mesto sklapanja. Težina rešetke



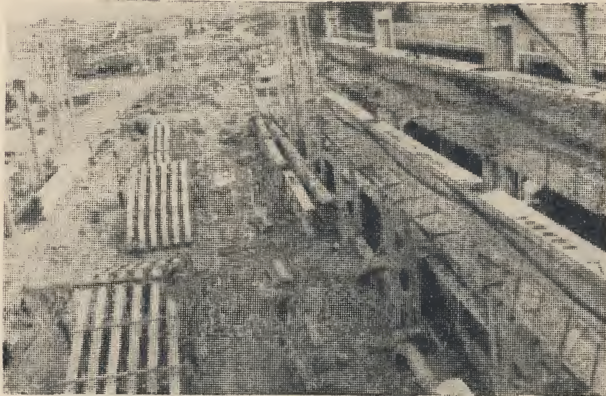
Slika 13 — Konstrukcija krovne rešetke i karakteristični detalji

i sastoje samo od po jednog snopa od 6 ∅ 5 mm zategnutog do sile od 6 t. Za simetrično opterećenje nema promena sila u srednjim dijagonalama; međutim, kada u toku montaže dođe do nesimetričnog opterećenja (jedna rešetka montirana, dok druga još nije podignuta) dolazi do deformacije rešetke, koja izaziva promenu sile u srednjim dijagonalama.

ne prelazi 10 tona. Čvorovi gornjeg pojasa izrađeni su tako da su istovremeno obrazovali ležište za nosača pojasa i ležište za oslanjanje rožnjače. Prednapregnuti su samo zategnuti štapovi, donji pojas i zategnute dijagonale. Veza između štapova i čvorova donjeg pojasa i zategnutih dijagonala postignuta je samo prednaprezanjem i izvršena je običnim dodirom, zalivanjem sastava cementnim

malterom ili posredstvom olovnih ploča. Presek betona zategnutih dijagonala odabran je samo toliki da može izdržati početno utezanje jednog snopa od 6 Ø 5 mm. Presek betona donjeg pojasa čak je nešto manji no što bi zahtevalo zatezanje svih čeličnih žica, tako da je jedan deo prednaprezanja donjeg pojasa izvršen docnije na krovu posle opterećenja rešetki krovnim pokrivačem.

Sklapanje je izvršeno na zemlji, u baterijama, u podužnom pravcu hale (sl. 14). Montaža rešetki, a istovremeno sa njima montaža rožnjača i rogova, izvršena je sa istom montažnom skelom (sl. 15) sa kojom su montirani i svi elementi bočnih zidova. Najteža montažna operacija bila je nužnost okretanja rešetki iz podužnog smera u poprečni koji je odgovarao položaju rešetke na krovu.



Slika 14 — Gradilište sa sklopljenim krovnim rešetkama u bateriji



Slika 15 — Okretanje i dizanje krovne rešetke iz podužnog pravca

Izradi na gradilištu prethodila je studija i izrada jedne probne rešetke koja je opterećena do sloma. I ova se prethodna studija, na kojoj su izvršena sva ispitivanja i proveravanja, pokazala kao vrlo korisna za nesmetan docniji rad na gradilištu.

Možemo reći da su prva iskustva sa izradom rešetkastih prednapregnutih konstrukcija dala vrlo dobre rezultate i ukazala na nove mogućnosti korisnog iskorišćenja prednaprezanja, kojim se sa lakoćom otklanjaju nedostaci obične armirane betonske rešetkaste konstrukcije. Prednaprezanjem se u znatnoj meri smanjuju deformacije kod zategnutih štapova i prednaprezanjem se lako i sigurno rešava problem vezivanja štapova u čvorovima. Svaka rešetka može biti izrađena od zasebnih štapova i čvorova, koji se međusobno povezuju jedino prednaprezanjem.

**Nosači vrata i prozora**

Interesantno je sa nekoliko reči napomenuti, neobične po obliku, nosače prozora i vrata u severnom bočnom zidu. Nosači su duplog T oblika, sa izrazito širokom flanšom gornjeg pojasa. Funkcija ovih nosača bila je dvojaka: U vertikalnom smeru nosač je, na rasponu od 21,0 m, morao da nosi konstrukciju gornjeg staklenog zida i čelična vrata koja su obešena o nosač; u horizontalnom smeru nosač je morao izdržati bočni pritisak vetra.

*

Celokupni radovi na gradilištu izvršeni su u toku jedne godine. Radove je izvelo preduzeće »Trudbenik« iz Beograda pod tehničkim rukovodstvom ing. R. Popadića.

Projekat, sve prethodne studije i direktivno rukovođenje u toku građenja, izvršeni su od strane autora u saradnji sa inženjerima B. Petrovićem i D. Ćertićem. Arhitektonski deo projekta dao je arh. Uhlik. Projekat je izrađen u Centralnom projektnom zavodu na Rijeci.

# TORZIONO TITRANJE JEDNOG TURBINSKOG TEMELJA

Ing. **Miljenko Simić**, Zagreb

Armirani betonski temelji za turbine sastoje se obično od gornje ploče (na kojoj su montirani strojevi), stupova i donje ploče. Prostor između stupova je iskorišten za smještaj cijevnih vodova, kondenzatora, uređaja za hlađenje i t. d. Takav temelj nije više kruto tijelo kao temelj izveden u jednom bloku, pa ga treba pòsmatrati kao elastičnu prostornu okvirnu konstrukciju. Prvi takav armirani betonski temelj za turbinu izveden je u Njemačkoj 1908 godine prema projektu prof. Mörscha. Kod prvih turbinskih temelja nije sprovođen proračun titranja, već je samo stalnom statičkom opterećenju dodata 3 do 5-struka težina strojeva kao dinamički dodatak. Uskoro se to pokazalo kao nedovoljno, pa su nakon opsežnih studija Geigera, Ehlersa, Pragera, Spilkera, Rauscha i

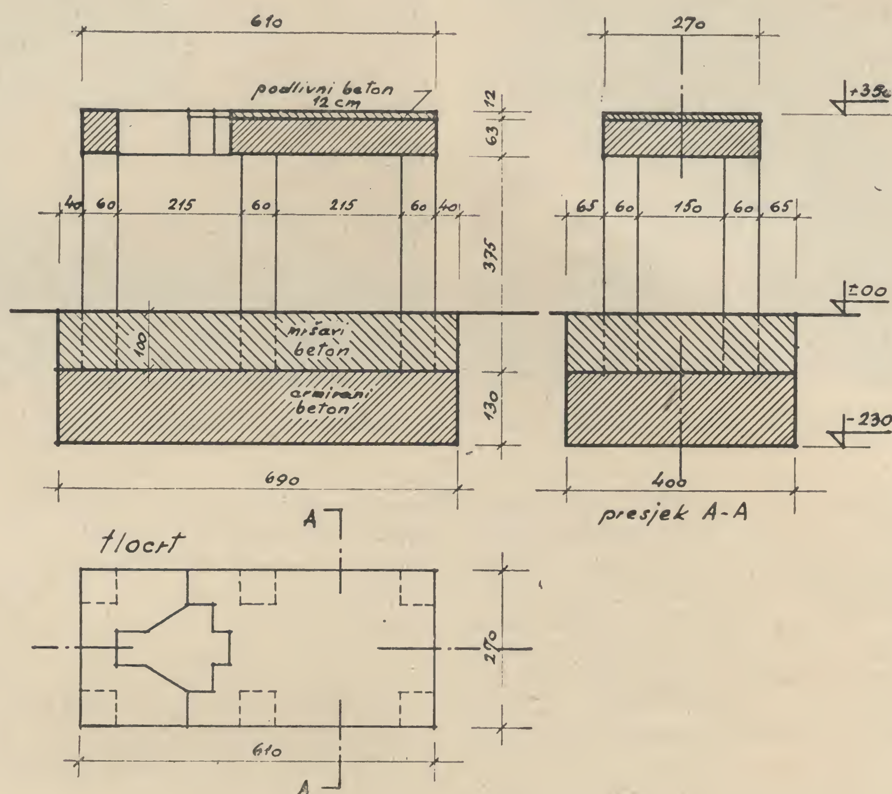
drugih od strane »Deutsche Gesellschaft für Bauwesen, Ausschuss für Baugrundforschung — Unterausschuss für Bodenschwingungen« 1933 g. izdane »Smjernice za gradnju armiranih betonskih temelja za parne turbine«. »Smjernice« su objavljene u časopisu »Der Bauingenieur« svezak 15/16 — 1933. U »Smjernicama« su date direktive za strojarskog i građevinskog inženjera, kako za konstrukciju temelja, dimenzije, opterećenja strojeva, tako i za način proračuna titranja. Prema »Smjernicama« dolaze u obzir kao glavne vrste vlastitog titranja:

a) vertikalno titranje,

b) horizontalno titranje gornje ploče.

U »Objašnjenjima« se ne spominje torziono titranje gornje ploče (Verdrehungschwingung).

Slučaj sa temeljem turboduvaljke Rafinerije nafte u Sisku upozorio nas je da kod kraćih turbinskih temelja s krućim stupovima treba obratiti pažnju i na torziono titranje, ako pogonski motor ili generator ima 1500 ili manje okretaja na minutu. Temelj turboduvaljke u Sisku imao je ukupnu dužinu gornje ploče svega 6,10 m, a dimenzije su mu prikazane na slici 1. Na gornju ploču temelja dolazi pogonski motor »Rade Končar« od 1000 kW i 1500 okretaja u minuti, preno-




Slika 1

»Smjernice« nadalje propisuju minimalni kvalitet betona, modul elastičnosti betona za dinamički proračun, upozoravaju na utjecaj temperature i t. d. Godine 1934 objavljuje prof. Rausch »Objašnjenja smjernicama«, dopunjena podacima za konstruiranje i proračun turbinskih temelja. U »Objašnjenjima« je detaljno razrađeno vertikalno titranje i horizontalno paralelno titranje. Kod razrade horizontalnog titranja Rausch spominje mogućnost da pored paralelnog horizontalnog pomicanja gornje ploče može doći i do titranja sistema kao pendla (Pendelschwingung), ali u nastavku dokazuje da su polovi takovog titranja sasvim blizu težišta sistema, tako da praktično imamo samo paralelno horizontalno titranje cijele gornje ploče s vlastitom frekvencijom

$$n_w = \frac{300}{\sqrt{\delta_w}} \quad \text{do} \quad \frac{300}{\sqrt{0{,}8 \cdot \delta_w}} \tag{1}$$

snik »Brown Boveri« s odnosom 1500/8350 i turboduvaljka također »Brown Boveri« sa 8350 okretaja u minuti.

Temelj je proračunao autor prema navedenim »Smjernicama« (Rausch: Maschinenfundamente III) za vertikalno i horizontalno titranje. Dobiveni su slijedeći rezultati:

za vertikalno titranje — vlastita frekvencija pojedinih okvira između 4100 i 5200 na minutu; srednja vlastita frekvencija gornje ploče 4500 na min.; uzevši u obzir povezanost gornje i donje ploče dobiveno je računski povećanje vlastite frekvencije za 15%

$$n_l = 5200/\text{min.}$$

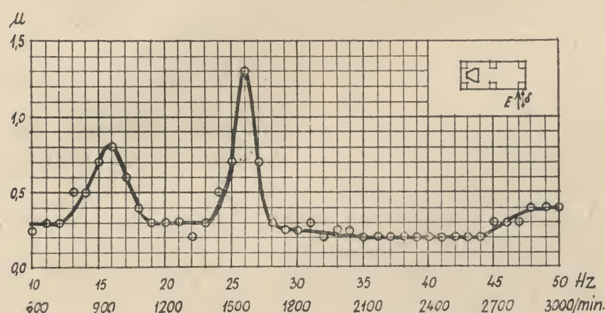
za horizontalno titranje — vlastita frekvencija gornje ploče

$$n_w = 900 \text{ do } 1000/\text{min.}$$

Prema tome, vlastita frekvencija za vertikalno titranje nalazi se između broja okretaja motora i broja okretaja turboduvaljke, dovoljno udaljena od jednog i drugog, a vlastita frekvencija za horizontalno ttiranje nalazi se dovoljno ispod broja okretaja pogonskog motora.

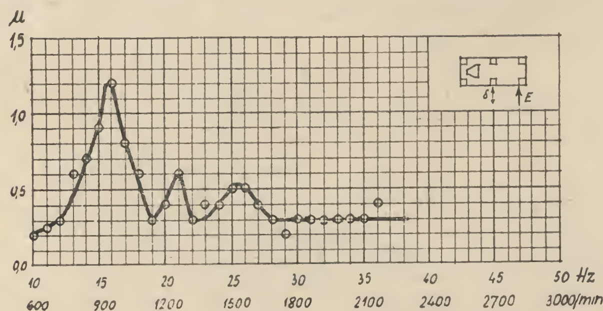
Nakon montaže strojeva pri probnom puštanju strojeva u rad primijećene su jake vibracije gornje temeljne ploče. Da bi se našao uzrok takovim vibracijama pri radu motora, izvršeno je ispitivanje temelja pomoću uzbuđivača (Schwingungserreger) tipa Philips PR 9270, koji daje konstantnu periodičnu silu maksimalne jačine 2,6 kg neovisnu o frekvenciji, i pomoću katodnog oscilografa tipa Philips GN 3156 sa detektorom tipa Philips GN 5520. Uzbuđivač ima poseban vlastiti tongenerator i pojačalo, a oscilograf ima uređaj za baždarenje amplituda. Katodni oscilograf je vlasništvo Zavoda za ispitivanje materijala Tehničkog fakulteta u Zagrebu, a uzbuđivač je vlasništvo »Litostroja« iz Ljubljane.

Iako uzbuđivač daje vrlo malu silu (max. 2,6 kg) ipak su dobiveni vrlo lijepi rezultati zahvaljujući sposobnosti katodnog oscilografa da može primljene signale mnogostruko pojačati i registrirati. Na sl. 2 do 7 su grafički prikazani rezultati mjerenja i ispitivanja temelja s označenim položajem uzbuđivača kao i mjestima i smjerovima mjerenja amplituda.




Slika 2

Promatranjem dobivenih rezultata možemo uočiti da pri frekvenciji od 16 Hz (960 u min.) imamo prvo područje rezonancije za paralelno horizontalno titranje gornje ploče temelja, pri kojem su amplitude bočnih pomaka ploče približno jednake (± 0,85μ na krajevima i ± 1,25μ u sredini). Pri

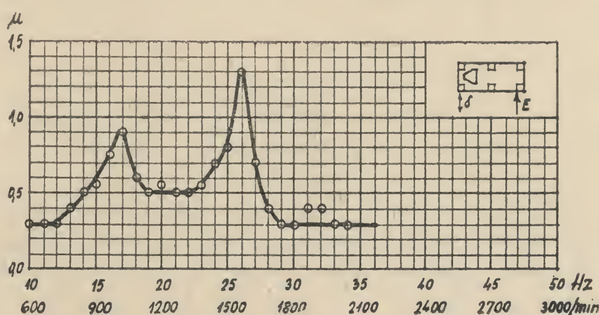



Slika 3

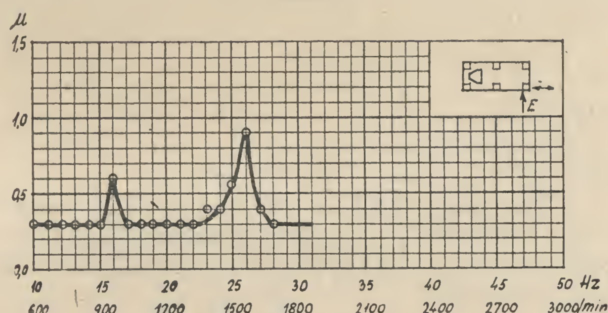
frekvenciji od 26 Hz (1560 u min.) imamo drugo područje rezonancije, i to za torziono titranje, pri kojem su amplitude na krajevima ploče velike (± 1,3μ) a u sredini ploče male (± 0,5μ).

Prvo područje rezonancije (960 u min.) poklapa se točno s proračunatom vlastitom frekvencijom temelja za horizontalno titranje ($n_w$ = 900 do 1000/min.).

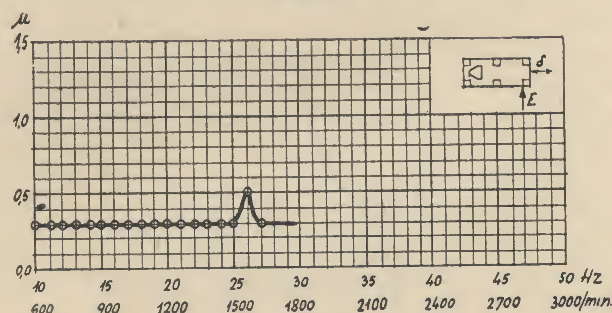
Drugo područje rezonancije s torzionim titranjem pokazuje nam da se temelj za torziono titra-



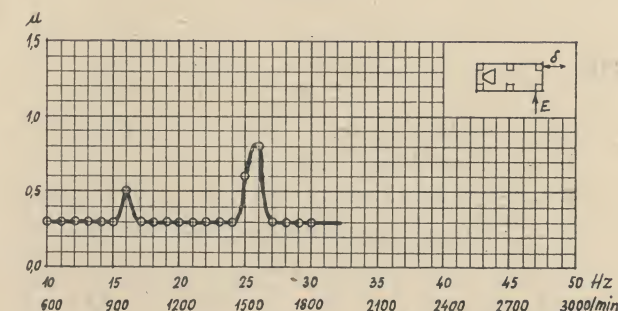

Slika 4




Slika 5



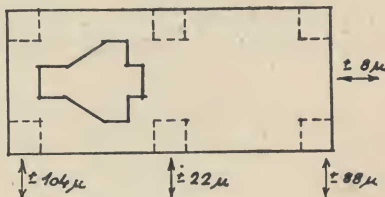

Slika 6




Slika 7

nje nalazi skoro u rezonanciji s pogonskim motorom, koji radi sa 1500 okr. u min., pa je ploča titrala s velikim amplitudama pri radu motora.

Nakon tih mjerenja pušten je u pogon elektromotor od 1000 kW i izvršena su katodnim oscilografom mjerenja pomaka gornje temeljne ploče. Na slici 8 su prikazani rezultati tih mjerenja.



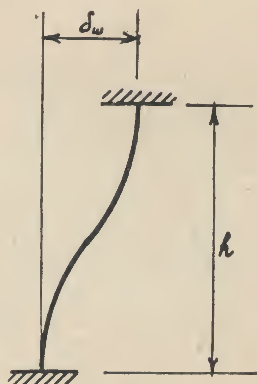

Slika 8

»Nul-točka« za torziono titranje, ustanovljena mjerenjem amplituda, poklapa se u potpunosti s izračunatim težištem sistema (strojevi, gornja ploča i polovina stupova).

Poslije izvršenih mjerenja autor je proračunao vlastitu frekvenciju za torziono titranje uz ovu pretpostavku:

Torzionom zakretanju ploče oko vertikalne osovine, koja prolazi kroz težište sistema (strojevi, gornja ploča i polovina stupova), suprotstavljaju se svi stupovi otporom protiv pomaka i otporom protiv zasukavanja (torzija stupova).

Otpor jednog stupa protiv pomaka možemo izraziti specifičnim pomakom vrha obostrano uklještenog stupa pri djelovanju horizontalne sile $H = 1,0$ t (slika 9).



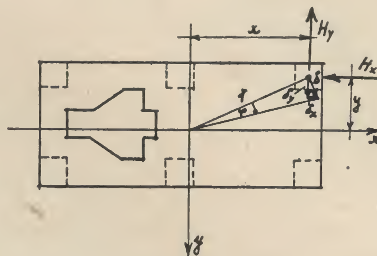

Slika 9

(2) $$\delta_w = \frac{h^3}{12 . E . J} \text{ cm/t}$$

$\delta_w$ — jedinični pomak stupa,
h — visina stupa (3,10 m),
E — modul elastičnosti betona ($3 . 10^5$ kg/cm²),
J — moment tromosti stupa ($108 . 10^4$ cm⁴),

$$\delta_w = 0,77 . 10^{-2} \text{ cm/t}$$

Promotrimo najprije otpor jednog stupa protiv zakretanja ploče oko vertikalne osi (slika 10).




Slika 10

Iz jednostavnih geometrijskih odnosa proizlazi:

(3) $$\delta = \varphi . r \qquad \delta_x = \varphi . y \qquad \delta_y = \varphi . x$$

Otpor stupa protiv pomaka je za ovaj slučaj kvadratičnog stupa

(4) $$H_x = \frac{\varphi . y}{\delta_w} \text{ na udaljenosti } y \text{ od težišta}$$
$$H_y = \frac{\varphi . x}{\delta_w} \text{ na udaljenosti } x \text{ od težišta}$$

i torzioni moment

(5) $$M_T^1 = H_x . y + H_y . x = \frac{\varphi}{\delta_w} \cdot (x^2 + y^2)$$

Otpor svih stupova protiv pomaka daje torzioni moment

(6) $$M_T^\delta = \frac{\varphi}{\delta_w} \cdot \left[\Sigma x^2 + \Sigma y^2\right] = \frac{\varphi . J'_p}{\delta_w}$$

$\Sigma x^2 + \Sigma y^2 = J'_y + J'_x = J'_p$ (polarni moment tromosti točaka podupiranja ploče)

Moment kojim se stupovi opiru uslijed pomaka pri zaokretanju ploče za kut $\varphi = 1$

(7) $$M_T^\delta = \frac{J'_p}{\delta_w}$$

Za naš je slučaj izračunato:

$$J'_p = 37,23 \text{ m}^2$$
$$\delta_w = 0,77 . 10^{-2} \text{ cm/t}$$

i $$M_T^\delta = \frac{37,23}{0,77} \cdot 10^2 = 482\,000 \text{ tm}$$

Ako pribrojimo tome utjecaj otpora protiv zasukavanja stupova (po Beyeru — Statik im Eisenbetonbau, I dio)

(8) $$\frac{-d\varphi}{ds} = \frac{M}{n . \psi_3 . b^4 . G}$$
$n = b/h = 1$
$\psi_3 = 0,1404$
$b = 0,60$ m
$G = E/2 = 1,5 . 10^5$ kg cm²

imamo za kut zasukavanja $\varphi = 1$

(9) $$M_T^\varphi = \sum \frac{n . \psi_3 . b^4 . G}{h} =$$

$$= 6 \cdot \frac{1 . 0,1404 . 0,6^4 . 1,5 . 10^6}{2,75} = 58\,500 \text{ tm}$$

Ukupni otpor zaokretanju gornje ploče

(10) $M_T = M_T^{\delta} + M_T^{\varphi} = 482\,000 + 58\,500 = 540\,500$ tm

Uslijed djelovanja torzionog momenta M = 1,0 tm imamo kut zaokreta ploče

(11) $\varphi_z = \frac{1}{M_T} = \frac{1}{5,4 \cdot 10^5} = 0,185 \cdot 10^{-5}$ 1/tm

Vlastitu frekvenciju gornje ploče za torziono titranje nađemo*

(12) $n_t = \frac{300}{\sqrt{\delta_t}} = \frac{300}{\sqrt{J_z \cdot \varphi_z}}$;

$\delta_t$ — pomak u cm

$J_z$ — polarni moment tromosti težina obzirom na vertikalnu os koja prolazi kroz težište

$\varphi_z$ — kut zaokreta ploče za $M_T$ = 1,0 tm

Za naš je slučaj polarni moment tromosti težina

$$J_z = 192,7 \text{ tm}^2$$

i vlastita frekvencija za torziono titranje

$$n_t = \frac{300}{\sqrt{192,7 \cdot 10^2 \cdot 0,185 \cdot 10^{-5}}} = 1590/\text{min.}$$

Dobiveni rezultat se podudara sasvim s izmjerenom vlastitom frekvencijom temelja za torziono titranje (1560 na min.).

Autor je poređenjem amplituda izmjerenih pri radu uzbuđivača s poznatom silom i amplituda pri radu motora dobio veličinu centrifugalne sile, koju proizvodi elektromotor za vrijeme rada. Budući da asinhroni elektromotor radi točno sa 1470 okretaja/min. t. j. s 24,5 Hz, uspoređivane su njegove amplitude s amplitudama uzbuđivača pri istoj frekvenciji t. j. 24,5 Hz.

Iz dijagrama ovisnosti amplituda o frekvenciji uzbuđivača (slika 2 i 4) i podataka o amplitudama motora (slika 8) možemo naći dosta točno, da je srednji odnos amplituda k ≈ 150. Torzioni moment uzbuđivača, koji je djelovao na temelj na udaljenosti 2,20 m od težišta gornjeg sistema, iznosio je

$$M_t = 2,6 \cdot 2,20 = 5,7 \text{ kgm}$$

Uz pretpostavku linearne ovisnosti amplituda o veličini pobuđujuće sile i vodeći računa o tome, da uzbuđivač djeluje samo s jednim impulsom u jednoj periodi, a centrifugalna sila sa dva impulsa, dobivamo torzioni moment centrifugalne sile elektromotora

$$M_t = \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 5,7 = 430 \text{ kgm}$$

Možemo pretpostaviti da centrifugalna sila od ekscentričnosti rotora djeluje približno u sredini dužine osovine rotora, na udaljenosti 1,77 m od težišta sistema, pa imamo veličinu centrifugalne sile

$$F = \frac{M_t}{1,77} = \frac{430}{1,77} = 250 \text{ kg}$$

Na osnovu podataka dobivenih mjerenjima i rezultata dobivenih računski autor je eliminirao nepoželjne vibracije na taj način, što je povećanjem slobodne visine stupova snizio vlastitu frekvenciju za torziono titranje na približno 1100/min. To je postignuto odvajanjem stupova dilatacijama od mršavog betona na donjoj ploči, u kojem su stupovi bili ukliješteni.

h = 4,00 m

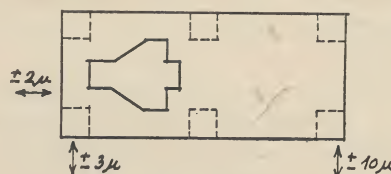
(2) $\delta_w = 1,66 \cdot 10^{-2}$ cm/t (10) $M_T = 267\,000$ tm

(7) $M_T^{\delta} = 224\,000$ tm (11) $\varphi_z = 0,375 \cdot 10^{-5}$ 1/tm

(9) $M_T^{\varphi} = 43\,000$ tm (12) $n_t = 1110$/min.

Prije odvajanja stupova od mršavog betona izvršena su mjerenja horizontalnih pomaka gornje ploče za vrijeme rada elektromotora od 1000 kW mehaničkim instrumentom »TESA« radi poređenja s rezultatima dobivenim katodnim oscilografom. Rezultati dobiveni mehaničkim instrumentom su za 6 do 10% veći od rezultata dobivenih katodnim oscilografom (slika 8).

Nakon odvajanja stupova od mršavog betona ponovo su izmjereni horizontalni pomaci gornje ploče za vrijeme rada elektromotora mehaničkim instrumentom »TESA«. Na slici 11 prikazani su rezultati tih mjerenja.




Slika 11

Izmjenom vlastite frekvencije sistema za torziono titranje postale su amplitude sasvim neznatne. Istovremeno je izvršen i »klasični« pokus ispitivanja da li stroj mirno radi postavljanjem aluminijskog dvodinarca sjekomično na elektromotor. Dvodinarac je mirno stajao u svakom položaju.

Prilikom isključivanja elektromotora iz mreže izmjeren je tahometrom »Hasler« broj okretaja motora pri pojavi rezonancije, kad su izmjerene amplitude od približno ± 70 do 80 μ na kraju temelja kod elektromotora. Instrument je pokazao 1100 okretaja/min., što se slaže s računski dobi-

* Izvod je analogan kao i za titranje materijalne točke u pravcu

$$\ddot{x} = -\frac{c}{m} \cdot x \quad , \quad \text{za } c = G/\delta_0 \text{ i } m = G/g,$$

$$\ddot{x} = -\frac{g}{\delta_0} \cdot x \quad , \quad n = \frac{300}{\sqrt{\delta_0}} /\text{min.}$$

Kod torzionog titranja

$$\ddot{\varphi} = -\frac{c}{J'_z} \cdot \varphi \quad , \quad \text{za } c = 1/\varphi_z \text{ i } J'_z = J_z/g,$$

$$\ddot{\varphi} = -\frac{g}{J_z \cdot \varphi_z} \cdot \varphi \quad , \quad n_t = \frac{300}{\sqrt{J_z \cdot \varphi_z}} /\text{min.}$$

venom vlastitom frekvencijom temelja za torziono titranje.

Na kraju ovog članka još jednom bismo naglasili dva važna momenta:

1. Kod kraćih turbinskih temelja sa krutim stupovima treba voditi računa i o torzionom titranju, ukoliko strojevi rade sa 1500 ili manje okretaja na minutu, da vlastita frekvencija temelja za torziono titranje ne bi bila u rezonanciji sa strojevima.

2. Postoji mogućnost vršenja ovakovih opita i mjerenja, iako je dosada to izgledalo neizvodivo, jer se katodnim oscilografom mogu pratiti deformacije prouzrokovane i sasvim malim silama.

Točki 2 sam dao jednaku važnost kao i točki 1, zato što samo na osnovu iskustava, koja su rezultati mjerenja i ispitivanja, možemo stvarati pravilne zaključke i potvrditi ili korigirati postojeće teoretske pretpostavke.

# HIDROENERGETSKO RJEŠENJE PODRUČJA CETINE I KRAŠKIH POLJA

Ing. **Stjepan Reštarović**, Elektroprojekt, Zagreb

## I. OPĆE KARAKTERISTIKE SLIVA

Rijeka Cetina sa svojim slivnim područjem (oko 4000 km$^2$), smještena u centralom dijelu Dinarida, ubraja se među najveće vodotoke našeg dinarskog krša.

Budući da se planine ovog sistema dosta naglo ruše prema moru, a područje je bogato vodom zbog visokih oborina (1600 mm godišnje u prosjeku), razumljivo je, da sliv Cetine predstavlja značajan i dragocjen hidroenergetski izvor naše zemlje.

Područje je izrazito planinsko, s većim brojem kraških polja dinarskog pružanja. Po svojim hidrološkim karakteristikama može se podijeliti u dva glavna dijela:

1. Uže ili neposredno područje Cetine, koje se nalazi uz njezin tok, a pripadaju mu dijelovi planina Dinare, Svilaje, Kamešnice i Mosora, te veći broj kraških visoravni i polja — Cetinsko, Vrličko, Ribarićko, Koljansko, Hrvatačko i Sinjsko. Hidrološka granica tog dijela sliva uglavnom se poklapa s geografsko-orografskom, naročito u gornjem toku Cetine.
2. Šire ili uticajno područje obuhvaća kraška polja jugozapadne Bosne s pripadajućim planinama; nalazi se izvan orografskog sliva Cetine, s kojom ima isključivo podzemnu hidrološku vezu — potpunu ili djelomičnu — kroz planinski masiv Dinare i Kamešnice. Područje se proteže od najvišeg Kupreskog polja (oko 1150 m n. m.) do najnižeg Livanjskog s Buškim Blatom (oko 700 m n. m. ) uključivši još Duvanjsko (oko 870 m n. m.) i Glamočko polje (oko 880 m n. m.).

K l i m a je u slivu Cetine veoma raznolika; uski primorski pojas ima maritimnu klimu, a sjeveroistočni kontinentalnu; između njih je prelazna zona s jačim utjecajem jedne ili druge klime.

Karakteristični su vjetrovi jugo i bura; oni često dosižu vrlo veliku snagu.

Raspored oborina po vremenu, količini i vrsti ovisi o topografskim prilikama i klimatskim uticajima. Zanimljivo je, da je u izrazitim klimatskim pojasima podjednaka visina godišnjih oborina (oko 1000mm) s porastom prema granici užeg i šireg sliva (2200—2500 mm), odnosno granici jačeg upliva maritimne i kontinentalne klime.

G e o l o š k i je područje izrazito kraškog karaktera. Kao sastavni dio Dinarida bilo je u svojoj geološkoj prošlosti podvrgnuto višekratnim tektonskim pokretima — boranju, rasjedanju i navlačenju — kojih je posljedica postanak planina i kraških polja, te prodori starijih naslaga.

Veći dio sliva izgrađuju vapnenci — pretežno kredni; dolomiti su manje zastupani, no kao polunepropusne stijene, ukoliko nisu jače razlomljeni, vrše značajnu ulogu u hidrografiji područja; isto tako stariji i mlađi tercijarni sedimenti — lapori, konglomerati i t. d. — koji su u dubokim sinklinalama Livanjskog i Duvanjskog polja uslovili postanak većeg broja stalnih vrela i opstanak nekolicine potoka, a u primorskom pojasu koncentraciju podzemnih voda na nekoliko većih vrela.

Najmlađe geološke tvorevine kvartara, koje srećemo po svim poljima i koje su vrlo važne za poljoprivredu, nemaju naročitog značaja i uticaja na opću geološko-hidrološku sliku područja.

Sve te naslage leže kao u nekom koritu na nepropusnom triasu (verfenu), koji izbija na površinu na sjeveroistočnom rubu Kupreskog polja i kod Glamoča, te na više mjesta jugozapadno Cetini od izvorišta do Sinjskog polja; na tim mjestima potpuno je određena granica sliva, koja ne može biti jednoznačno utvrđena istočno od Sinjskog polja, sjeverozapadno između Kupresa i Glamoča te jugozapadno od Glamoča.

Vapnenačka građa i tektonika područja uslovili su postanak velikog broja kraških pojava — škrapa, vrtača, kraških vrela, estavela, ponora i t. d. — a uz sudjelovanje nepropusnih stijena veoma zanimljivu i zamršenu podzemnu i površinsku hidrografsku mrežu.

Hidrografski i hidrološki odnosi i karakteristike područja rezultiraju iz klimatskih i geoloških, pri čemu prvi utiču na količinu i vremenski raspored voda, a drugi na karakter i međusobnu ovisnost hidrografske mreže — površinske i podzemne.

Pojava stalnih vrela i površinskih vodotoka, koje susrećemo po svim kraškim poljima, uslovljena je nepropusnim i polupropusnim stijenama, dok su ponori vezani isključivo na propusne stijene, a estavele na oboje.

Na najvišem Kupreškom polju nalaze se dva stalna potočića: ponornice Milač i južna Mrtvica.

Nakon poniranja vode Milača do protoke od cca 0,3 $m^3$/sec idu nepoznatim smjerom — vjerojatno na vrela Rame, a iznad te količine na niže položena vrela Šujice (Stržanj), dok se za Mrtvicu pretpostavlja da napaja vrelo Bistrice kod Livna.

*Šujica* je najdulja ponornica na kraškim poljima jugozapadne Bosne. Glavna periodička vrela V. i M. Stržanj nalaze se podno Kupreskog polja (990 m n. m.), a glavni ponor Kovači na južnom




Slika 1 — Situacija energetskog područja Cetine

rubu Duvanjskog polja (850 m n. m.). Na svom toku prima Šujica veći broj manjih stalnih i periodičkih vrela i potočića, koji svoj postanak zahvaljuju nepropusnim stijenama, uglavnom sedimentima tercijara. Bojadisanjem je utvrđeno, da se veći dio srednjih i velikih voda Šujice nakon poniranja i kraćeg podzemnog toka pojavljuje na vrelu Ričine, t. j. na horizontu Buškog Blata (oko 715 m n. m.); male vode idu nepoznatim smjerom, pri čemu se jedan dio pojavljuje i kod vrela Ričine, ali samo u obliku podzemnog toka.

*Ričina* je periodički vodotok-ponornica, koja protiče Buškim Blatom primajući vode iz većeg broja manjih i većih vrela, uglavnom periodičkih. Zbog znatnih količina vode, a dosta nepropusnog dna (10—30 m debeli kvartarni nanos, uglavnom gline) bilo je Buško Blato periodičko jezero, koje je pretvoreno u periodički plavljeno polje nakon dvokratnog čišćenja i otvaranja rubnih ponora (god. 1908 i 1936). Dosada nije uspjelo utvrditi put voda s Buškog Blata, pa se na osnovu hidrološke i geološke studije pretpostavlja, da veći dio izbija na podmorskom vrelu »Vrulji« (između Biokova i Omiške Dinare), dok manji dio ide u Cetinu, a vjerojatno i u smjeru Imotskog (jezero Blato).

**Tab. 1 — Karakteristični podaci srednjih godišnjih protoka**

| Vodni horizont ili vodotok | Mjesto podatka | Srednji god. protok | |
|---|---|---|---|
| | | Sadašnje stanje $Q_m$ (m³/s) | Nakon izgradnje sliva $Q_m'$, (m³/s) |
| Kupresko polje | ponori | 1,3 | 1,3 |
| Duvanjsko polje | ponor Kovači | 11,0 | 11,8 |
| Buško blato | ponori | 14,0 | 14,0 |
| Glamočko polje | ponori | 5,0 | 4,3 |
| Livanjsko polje | ponori | 38,0 | 27,5 |
| Cetina | Peruča | 61,3 | 44,6 |
| | Trilj | 116,0 | 124,2 |
| | Omiš | ~ 122,0 | ~ 130,0 |

$Q_m$ — srednji godišnji protok sadašnjeg stanja

$Q_m'$ — srednji godišnji protok budućeg stanja, a bez odbitka vode za natapanje

*Vode Glamočkog polja* pripadaju slivu Save i Cetine s vododijelnicom kod Glamoča (prodor triasa). Najveći potok *Ribnjak* i nekoliko manjih vrela u sjeverozapadnom dijelu polja poniru po njegovom sjeveroistočnom rubu, hraneći vrela Plive ili Sane, a možda i oboje. U jugoistočnom dijelu polja najveći je potok *Jaruga*, koji preko ponora napaja Cetinu, bilo direktno podzemnim tokom ili pak preko stalnih i periodičkih vrela na sjeveroistočnom rubu Livanjskog polja.

Na *Livanjskom polju* najvažniji stalni vodotoci nalaze se u njegovom centralnom dijelu: *Bistrica, Žabljak* i *Sturba,* koji su nakon spajanja poznati pod imenom *Plouče;* ova ponire na jugozapadnom rubu polja i nakon podzemnog toka ispod Dinare napaja vrelo Rumin, lijevi pritok Cetine. Svi ostali potoci uglavnom su periodičkog karaktera s obiljem voda u periodu kiša i za vrijeme kopnjenja snijega, s posljedicom dulje ili kraće poplave polja. Odvodnja se vrši u smjeru Cetine podzemnim putem preko ponora na jugozapadnom rubu polja, a djelomično i putem nekolicine estavela na sjeveroistočnom rubu.

*Rijeka Cetina,* najvažniji vodotok ovog područja, ima duljinu toka od 105,5 km, s izvorom na istoimenom polju u podnožju Dinare i ušćem u Jadransko more kod Omiša. Izrazito je kraška rijeka bujičkog karaktera, koji je znatno ublažen kako podzemnom retardacijom tako i retencijom na kraškim poljima i u podzemlju.

Po svojim karakteristikama može se podijeliti u dva dijela:

a) gornji tok od izvora do izlaska iz Sinjskog polja i

b) donji tok do ušća u more.

U svom gornjem toku Cetina teče pretežno širokom riječnom dolinom i kraškim poljima poput nizinske rijeke s relativno malim uzdužnim padom (1,7‰), od čega je veći dio koncentriran na nekoliko stepenica u kanjonskim dijelovima između pojedinih polja; u donjem dijelu tok je pretežno kanjonski, sa bitno većim relativnim padom (5,6‰).

U hidrološkom pogledu postoji također velika razlika: sva stalna i velika kraška vrela, kojima se drenira oborinama bogata Dinara i Kamešnica, kao i kraška polja Bosne, nalaze se u gornjem toku Cetine; ta vrela daju Cetini glavni dio voda, osiguravajući joj ujedno stalnost protoka. U donjem dijelu nema Cetina nijednog značajnijeg stalnog vrela osim Studenaca, čiji izvori znatan dio svojih voda dobivaju iz uzvodnog toka Cetine putem ponora (estavela) između Čikote i Blata na Cetini; sva ostala vrela su periodička ili pak estavele.

Po svom uzdužnom padu, kao i po rasporedu protoka, odnosno povećanju uzduž toka, Cetina je sa čisto geografskog gledišta zanimljiv vodotok, jer je inverzan normalnim rijekama.

## II. PRIVREDNO STANJE PODRUČJA

Na stanje i razvoj privrede u području Cetine utiču isti faktori kao i kod ostalih područja: geografski, klimatski, geološki, saobraćajni i t. d.

Apstrahirajući uski primorski pojas sa snažnom industrijom te pojedine napredne oaze, cijelo ostalo područje daje sliku siromašnog, privredno zaostalog kraja.

Na bosanskom dijelu područja glavna je privredna grana poljoprivreda sa stočarstvom, a na dalmatinskom poljoprivreda s voćarstvom i vinogradarstvom. Nepovoljni raspored godišnjih oborina ima za posljedicu skoro redovite jesenske i proljetne poplave na najvažnijim poljoprivrednim površinama, a u ljetnom periodu skoro redovito sušu. Uzme li se još u obzir veoma primitivni način obrade zemljišta, razumljivi su niski poljoprivredni prinosi. Zbog toga treba za unapređenje poljoprivrede na cijelom području primijeniti suvremene agrotehničke mjere, izvršiti odvodnju i omogućiti natapanje polja.

Što se tiče šumarstva, stanje ne zadovoljava, jer se ogromne površine krša nalaze pod šikarama ili su potpuno gole, naročito na dalmatinskom području. Na bosanskom dijelu ima mjestimično dobrih šuma, kojih je eksploatacija dosta teška i skupa, zbog slabih saobraćajnica. Ako se obrati veća pažnja na pošumljavanje goleti, zatim na čuvanje i uzgoj postojećih šumskih površina, uspjet će se, da šumarstvo postane važan privredni faktor, pri čemu će biti potrebno spriječiti neracionalno trošenje gorivog drveta na otvorenim ognjištima, koja su normalna pojava.

Dosadašnja istraživanja pokazuju, da se na bosanskom području nalaze velike rezerve mrkog uglja i lignita u duvanjsko-livanjskom basenu, ali je njihova eksploatacija skromna i ograničena zbog transportnih teškoća. Ima indicija da se na ovom području nalaze i izvjesne količine uranove rudače.

Na dalmatinskom dijelu sliva nalaze se znatne količine sadre (gipsa), veoma povoljne za eksploataciju (okolica Sinja), zatim uljni škriljci kod Rude i Vrdova, asfalt kod Dolca i manje rezerve lignita kod Sinja. Na oba dijela područja postoje i dobre sirovine za razvoj cementne industrije.

Razloge slabe eksploatacije rudnog blaga, kao i slabog plasiranja šumskih i poljoprivrednih proizvoda s bosanskog dijela sliva, treba tražiti u nedostatku dobrih saobraćajnica, t. j. željezničke pruge, koja jedino omogućuje povoljan i ekonomičan transport ovih dobara.

Veliko bogatstvo područja predstavljaju njegove znatne vodne snage, koje rezultiraju iz bogatstva vodom na velikoj nadmorskoj visini; nažalost, te su vodne snage dosada iskorištene u vrlo maloj mjeri, kao i druga prirodna bogatstva. Jedino iskorištenje vodnih snaga predstavlja mnoštvo primitivnih mlinica, dvije male hidroelektrane od stotinjak KS (Livno i Vrlika) i velika, ali stara i dotrajala HE Kraljevec s istaliranom snagom od 62000 kW.

## III. PRINCIPI VODOPRIVREDNOG RJEŠENJA SLIVA

Opća karakteristika dosadašnjih vodoprivrednih zahvata i radova na ovom području jeste parcijalno rješavanje pojedinih problema, uglavnom melioracionih. Pritome se redovito dešava, da ubrzavanje odvodnje više položenog polja ima za posljedicu povećanje vodnog vala i poplave nižeg polja, što je sa čisto poljoprivrednog gledišta često od veće štete nego koristi.

Da bi se onemogućile ili bar svele na najmanju mjeru štetne posljedice parcijalnih zahvata, a raspložive vode najekonomičnije iskoristile, izrađena je za cijelo područje okvirna vodoprivredna osnova s ovom koncepcijom:

1. Zahvatiti sve površinske vode po kraškim poljima jugozapadne Bosne počevši od Kupreškog polja, pa ih odvodnim organima (kanalima i tunelima) prebaciti u niži horizont uz energetsko iskorištenje raspoloživog pada; pri tome treba gubitke poniranja svesti na najmanju mjeru.
2. U cilju smanjenja dimenzija odvodnih, odnosno dovodnih organa, kao i radi natapanja nizvodnih polja i potpunijeg energetskog iskorištenja zahvaćenih voda, predviđena su na horizontima svih kraških polja Bosne stalna i zimska (služe kao akumulacija samo u nevegetacionom periodu) akumulaciona jezera, kojima se postiže određeno vodno izravnanje.
3. Gubitke poniranja reducirati u ekonomičnim granicama — u stalnim akumulacijama pretežno konsolidacionim radovima, a po obradivim poljima i zimskim akumulacijama izolacijom ponora s takvim tehničkim rješenjem, da ovi mogu stupiti u djelovanje kadgod se ukaže potreba; desit će se naime, da na poljima pod ozimnim žitaricama ili zimskim akumulacijama, a u vegetacionom periodu naiđe vodni val, kojega veličina prevazilazi kapacitet odvodnih organa; u tom slučaju stupit će u djelovanje ponori, da bi bi se spriječilo štetno djelovanje poplave na poljoprivredne kulture.
4. U dolini Cetine (Peruča) i na horizontu Livanjskog polja (Buško Blato) ostvariti dvije velike, energetski povoljne akumulacije, kojima se može postići ne samo energetsko izravnanje Cetine, nego i znatno šireg područja.

Na tim principima izrađena su osnovna tehnička rješenja energetskog iskorištenja površinskih voda područja Cetine na raspoloživim padovima, vodeći pri tom računa o odvodnji i natapanju polja, a kod zimskih akumulacija i o njihovom pravovremenom pražnjenju.

## IV. HIDROENERGETSKO RJEŠENJE SLIVA

### Postavke rješenja

Osnovne postavke rješenja hidroenergetskog iskorištenja voda područja Cetine dane su principima vodoprivrednog rješenja sliva.

Način rješenja i veličina izgradnje pojedinih postrojenja zavise od uloge i značaja svake predviđene hidroelektrane u samom sistemu Cetine, kao i u širem energetskom području.

a) Kraška polja

Sve hidroelektrane po kraškim poljima jugozapadne Bosne sporednog su značaja po svojoj veličini; one predstavljaju usputno energetsko korištenje raspoloživog pada između horizonata pojedinih polja pri provođenju osnovnog principa vodoprivrednog rješenja: prebacivanju površinskih voda s višeg polja na horizont nižeg polja, radi konačnog akumuliranja svih ovih voda u Buškom Blatu — centralnoj akumulaciji tog područja. Zbog toga ova postrojenja imaju karakter protočnih hidroelektrana u periodu većih voda, t. j. zimi, dok ljeti, u periodu malih voda, mogu raditi kao vršna, zahvaljujući malim akumulacionim basenima na zahvatu, koji omogućuju izvjesno dnevno izravnanje. Usprkos činjenice, da na mokri period otpada blizu 70% ukupnih godišnjih voda, energetski iskoristivih, intraliranih protoka ovih hidroelektrana iznosi oko 1,5 (od 1,1—1,6) srednje god. protoke, t. j.

$$Q_i \doteq 1{,}5\ Q_m$$

Tako nizak instalirani protok moguć je zbog zimskih akumulacija predviđenih po kraškim poljima, kojima se može izvršiti povoljno vodno izravnavanje u zimskom periodu.

Osim toga, dovodni organi, dimenzionirani za instalirani protok hidroelektrane, imaju uzdužni pad veći od potrebnog za $Q_i$. U slučaju potrebe brzog pražnjenja akumulacije ili proljetnih voda to omogućuje evakuaciju znatno većih količina; time se smanjuju količine, koje se evakuiraju putem ponora, a koje se pretežnim dijelom ne mogu više zahvatiti i akumulirati u Buškom Blatu.

b) Glavna postrojenja

Glavne hidroenergetske izvore u slivu Cetine predstavlja energetsko iskorištenje voda Cetine u njenom donjem toku nizvodno od Sinjskog polja i površinskih voda sa svih kraških polja jugozapadne Bosne na stepenici između Livanjskog i Sinjskog polja.

Kako su vode Cetine i kraških polja bujičnog karaktera, energetsko iskorištenje takvih voda nepovoljno je zbog velikih i brzih promjena u veličini raspoložive snage i produkcije hidroenergije; takva je energija niske vrijednosti i »slabog kvaliteta«, jer ne odgovara zahtjevima konsuma, čije su dnevne potrebe na energiji skoro konstantne u toku cijele godine (razumljivo, u radne dane).

Da bi se na ovim glavnim hidroenergetskim izvorima dobila energija visokog kvaliteta, t. j. onakva kakvu traži konsum — koja se, dakle, može uvijek u cijelosti plasirati — predviđeno je da se ostvare dva velika stalna akumulaciona jezera:

1. U dolini Cetine—Peruča i
2. Na horizontu Livanjskog polja—Buško Blato.

Pri tom Peruča služi akumuliranju bujičnih voda gornjeg toka Cetine i regulaciji, odnosno vodnom izravnanju donjeg toka, dok Buško Blato služi magaziniranju površinskih voda sa svih kraških polja ovog područja i reguliranju potroška u hidroelektranama od Livanjskog polja do mora.

Instalirane snage, odnosno protoci ovih hidroelektrana određeni su tako da sumarno omogućuju ovaj način rada:

α) u zimskom periodu kroz 16 sati s maksimalnom snagom, a kroz 10 sati sa cca 40% te snage,

β) u ljetnom periodu kroz 10 sati dnevno s maksimalnom snagom, a kroz 14 sati sa cca 40% te snage.

Takav rad HE Split i Jabuka odgovara slučaju, kada ta postrojenja služe pokriću potreba izoliranog konsumnog područja. Ukoliko bi pak ta postrojenja služila pokriću ljetnih energetskih manjaka drugih hidroelektrana, tada je moguće forsiranje ljetne produkcije na račun zimske, kao i obratno, za slučaj zimskog eksporta ili pokrića zimskog manjka dravskih hidroelektrana.

Na temelju gornjih principa usvojeni su naredni instalirani protoci u odnosu na srednji godišnji protok, odnosno radnu vodu:

1) na stepenici između Livanjskog i Sinjskog polja:

$$Q_i \doteq 1{,}75\ Q_m \doteq 2{,}03\ Q_w,$$

2) na glavnoj stepenici od Sinjskog polja do mora:

$$Q_i \doteq 1{,}60\ Q_m \doteq 1{,}82\ Q_w.$$

Različit odnos instaliranog protoka prema srednjem posljedica je različitog bruto pada, duljine derivacije i uloge neposredne akumulacije.

Najveći instalirani protok u odnosu na srednji godišnji dotok odnosno radnu vodu ima pribranska HE Peruča, kojom se koristi raspoloživi pad istoimene akumulacije u gornjem toku Cetine, pa je:

a) za sadašnje stanje protoka Cetine na tom mjestu:

$$Q_i \doteq 1{,}95\ Q_m \doteq 2{,}0\ Q_w \text{ i}$$

b) za buduće stanje, izmijenjeno zahvatom na kraškim poljima Bosne:

$$Q_i \doteq 2{,}70\ Q_m \doteq 2{,}80\ Q_w.$$

Tako visoko instalirani protok HE Peruča rezultat je njezine uloge u pojedinim etapama izgradnje sistema Cetine. U I. etapi i II. poluetapi ovo postrojenje ima izvjesnu funkciju vršnog postrojenja, dok u konačnoj izgradnji sistema služi punom izravnanju HE Split, čiji je instalirani protok $Q_i = 200\ m^3/s = 120\ m^3/s$ iz Peruče $+ 80\ m^3/s$ iz HE Jabuka, odnosno B. Blata.

**Tehnički opis postrojenja**

1. Vode s najviše ležećeg Kupreškog polja — Milač i j. Mrtvicu — predviđeno je prebaciti u dolinu potoka Šujice, pri čemu se bruto pad od *185 m* energetski koristi u HE Stržanj, malom protočno-derivacionom postrojenju sa dovodom sa slobodnim vodnim licem, kapaciteta dva puta ve-

ćeg od instaliranog protoka hidroelektrane. Zbog ublaženja vodnih valova i djelomičnog natapanja Kupreškog polja predviđene su u dolinama potoka Milač i Mrtvice dvije male, kanalom spojene akumulacije, s korisnom sadržinom od 5,0 hm³.

2. Za energetsko iskorištenje voda p. Šujice predviđena su tri postrojenja: Bogdašić, Mokronoge i Vrilo, pri čemu prva dva predstavljaju energetske izvore vrlo male vrijednosti.

Pribranska HE B o g d a š i ć predviđena je poradi korisne akumulacije od cca 5,0 hm³, koja služi za ublaženje bujičnih voda Šujice i natapanje Duvanjskog polja, dok je derivaciona HE M o k r o n o g e predviđena radi obilaska ponorske zone Šujice prije njezinog ulaska na Duvanjsko polje.

HE V r i l o je derivaciono postrojenje s tlačnim dovodom; iskorištava visinsku razliku između Duvanjskog polja i B. Blata (150 m), te ima snagu od 16,0 MW, a godišnju produkciju od 90 GWh.

Zbog smanjenja dimenzija dovoda HE Vrilo u akumulaciju B. Blata te vodnog izravnanja i povoljnijeg energetskog iskorištenja voda Šujice predviđena je na Duvanjskom polju zimska akumulacija korisne sadržine 40 hm³, dok u ljetnom periodu akumulacija iznosi svega 0,5 hm³ i služi za dnevno izravnanje.

Zimskom akumulacijom preplavljuje se u nevegetacionom periodu oko 1600 ha livada, koje se na taj način prirodno gnoje muljem velikih voda Šujice. Dosada provođeno, takvo preplavljivanje na relativno malim površinama pokazalo je vrlo dobre rezultate.

Osim energetskog iskorištenja Duvanjskih voda predviđena je njihova upotreba i za natapanje tog polja, u koju će svrhu služiti i uzvodne akumulacije kao i Blidinje jezero.

3. Sve vode Glamočkog polja, bez obzira kojem slivu pripadaju, predviđeno je energetski koristiti u smjeru Livanjskog polja. U tu svrhu će se izvršiti izolacija ponora i estavela, prokopati kanal kroz vododijelnicu, regulirati korito Jaruge i tako sve vode prebaciti u jugoistočni dio polja, gdje je predviđeno ostvariti zimsku akumulaciju korisne sadržine

Slika 2 — Uzdužni presjek

oko 35,0 hm³. Iz ove akumulacije vrši se odvod tunelom prema Livanjskom polju uz energetsko iskorištenje voda postrojenjem Kablići, koje ima bruto pad *160 m*, snagu *8,0 MW* i godišnju produkciju *45 GWh*.

U svrhu djelomičnog natapanja Glamočkog polja predviđena je na potoku Ribnjaku mala akumulacija korisne sadržine 5,0 hm³.

4. 1. Za odvodnju Livanjskog polja i akumuliranje tih voda u Buškom Blatu predviđena je izgradnja odvodnih odnosno dovodnih kanala po cijeloj duljini polja. Glavni kanal bi započeo na sjeverozapadnom rubu (Ždralovac) te bi išao u smjeru jugoistoka, koristeći što više postojeće jaruge; nakon 35,0 km duljine smjestila bi se kod sela Kovačići crpna stanica kapaciteta oko 40 m³/sec s visinom dizanja oko 8,0 m. Od Kovačića nastavlja se kanal dalje prema Buškom Blatu do crpne stanice Vržerale, kapaciteta oko 90 m³/sec s visinom dizanja do 20 m, ovisno o nivou akumulacije B. Blata; dužina ovog dijela kanala iznosi 31,0 km.

Za gravitacioni odvod voda u B. Blato iz HE Kablići te potoka Bistrice, Žabljaka, Sturbe i Mandaka predviđena je izgradnja lateralnog kanala duljine oko 30 km. Pri tom je u dolini Žabljaka predviđena mala, a u dolini Sturbe i Mandaka nešto veća akumulacija, koje utiču na smanjenje dimenzija odvodnog kanala.

Za sprečavanje poniranja površinskih voda Livanjskog polja predviđena je izolacija ponora na ranije pomenutim principima.

4. 2. Na horizontu Livanjskog polja, a u njegovu jugoistočnom kutu predviđeno je da se ostvari velika akumulacija Buško Blato površine 5000 ha, sadržine oko 700 hm³. Ta bi se akumulacija ostvarila na bivšem periodičkom jezeru izolacijom estavela, saniranjem ponora i ponorskih zona, te izgradnjom nasipa duljine 12,0 km i visine do 18,0 m.

Za zaobalne vode periodičkih vrela po istočnom rubu B. Blata (Mukišnica, Kuželj i dr.) predviđeno je njihovo kaptiranje i prebacivanje u akumulaciju B. Blata crpnom stanicom »Mukišnica«. Kapacitet ove crpne stanice iznosio bi oko 20 m³/s, uz dizanje do 20 m visine.

4. 3. Vode s kraških polja jugozapadne Bosne, sabrane u akumulaciji B. Blata, energetski bi se koristile do horizonta Sinjskog polja na padu od cca 400 m. Postoji više varijanata za ovo rješenje,

**Tab. 2a — Podaci gl. objekata manjih hidroelektrana**

| Glavni objekti | POSTROJENJE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | HE Stržanj | HE Bogdašić | HE Mokronoge | HE Vrilo | HE Kablići |
| Pregrada | 2 zemljana nasipa $H_{max}$ = 7,0 m $L_{max}$ = 2 × × 500,0 m | zemljani nasip $H_{max}$ = 17,0 m $L_{max}$ = 200,0 m | gravitaciona betonska $H_{max}$ = 11,0 m $L_{max}$ = 80,0 m | gravitaciona betonska $H_{max}$ = 12,0 m $L_{max}$ = 70,0 m | zemljani nasip $H_{max}$ = 9 m $L_{max}$ = 350 m |
| Dovodni kanal | L = 12,5 km F = 1,5—3,0 m² | | | L = 1,0 km F = 20,0 m² | regulacija jaruga i potoka L = 20,0 km D = 10,0 m² |
| Dovodni tunel | L = 1,3 km F = 1,7 × 1,9 = = 3,2 m² (gravitacioni) | | L = 3,5 m F = 1,8 × 2,0 = = 3,6 m² (gravitacioni) | L = 5,0 km D = 2,80 m | L = 4,0 km D = 2,5 m |
| Vodna komora | prelivna na kraju kanala | | prelivna na kraju tunela | raščlanjena s prelivom | raščlanjena s prelivom |
| Tlačni cijevni vod | prednapregnuti beton L = 260 m D = 1,0 m | armirani beton L = 40,0 m D = 1,5 m | armirani beton L = 50,0 m D = 1,5 m | prednapregnuti beton L = 220 m D = 2,5 m | prednapregnuti beton L = 220 m D = 2,5 m |
| Strojarnica | vanjski smještaj sve kao jedna cjelina kubatura prostora 1130 m³ | sve kao HE Stržanj kubatura 480 m³ | sve kao HE Stržanj kubatura 490 m³ | sve kao HE Stržanj kubatura 5 800 m³ | sve kao HE Stržanj kubatura 4 000 m³ |
| Trafopostrojenje | | | | | |
| Rasklopno postrojenje | | | | | |
| Odvodni kanal | L = 15,0 m F = 4—6 m² | L = 15,0 m F = 5—7 m² | L = 500 m F = 4,0—6,0 m² | L = 100 m F = 10 m² | L = 50 m F = 10 m² |

**Tab. 2b — Podaci glavne opreme manjih hidroelektrana**

| Glavna oprema | POSTROJENJE | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | HE Stržanj | HE Bogdašić | HE Mokronoge | HE Vrilo | HE KABLIĆI |
| Turbine . . . . . . . . | 2 Francis turbine s horizontalnom osi po 1350 KS 1000 o/min | 1 propeler turbina 440 KS 750 o/min. | 2 Francis turbine horizontalne po 440 KS 750 o/min. | 3 Francis turbine po 7500 KS, 600 o/min 1 Pelton, 250 KS, 1000 o/min | 2 Francis turbipo 5600 KS, 600 o/min 1 Pelton, 150 KS, 1000 o/min |
| Generatori . . . . . . | 2 × 1200 kVA, 6 kV | 1 × 400 kVA, 3 kV | 2 × 400 kVA, 3 kV | 3 × 7000 kVA 6 kV 1 × 250 kVA | 2 × 5500 kVA, 6 kV 1 × 150 kVA |
| Transformatori . . . . . | 2 × 1300 kVA, 6/30 kV | 1 × 400 kVA, 3/10 kV | 2 × 400 kVa, 3/10 kV | 3 × 7000 kVA 6/30/110 kV | 2 × 5500 kVA 6/30 kV |

od kojih svako ima prednosti i mana, pa će se definitivni izbor izvršiti nakon detaljnijeg studija i komparacije. Dosada je najviše obrađeno rješenje s HE Jabuka, čija bi veličina izgradnje iznosila 80 m³/sec, snaga 250 MW, a produkcija u srednjoj godini oko *1080 GWh* po odbitku vode za natapanje i gubitke. Sama strojarnica bila bi smještena podzemno s tlačnim dovodnim tunelom duljine 15,0 km profila 5,8 m, dok bi odvodni tunel dijametra 6,2 m imao duljinu od 5,0 km.

Upotreba livanjskih voda predviđena je i za natapanje cca 20000 ha poljoprivrednih površina.

5. Predviđeni zahvati površinskih voda na kraškim poljima jugozapadne Bosne uticat će na prirodni dotok voda Cetine tako, da će ovaj biti smanjen za oko 28% kod Panja (Peruče), a cca 31% kod Trilja, gdje će se, međutim, radom HE Jabuka povećati ukupni protok sadašnjeg stanja za cca 8% privođenjem novih voda, koje sada ne idu u Cetinu, nego nepoznatim smjerom.

6. Bujični karakter i raspored protoka Cetine nije naročito podesan za energetsko iskorištenje, usprkos veoma povoljnim topografskim uslovima. Stoga je potrebno kako sada, tako i nakon zahvata površinskih voda u jugozapadnoj Bosni postići što bolje vodno i energetsko izravnanje same Cetine. U tu svrhu je predviđena akumulacija Peruča. Pregradom visine oko 63,0 m u kanjonu Cetine ispod Ribaričkog polja polučuje se akumulacija u uzvodnim poljima ukupne sadržine 520 hm³ na površini od 1820 ha. Akumulirane vode usputno se energetski koriste u pribranskoj HE Peruča instaliranog protoka $Q_i$ = 120 m³/s sa snagom 44,0 MW i godišnjom produkcijom oko 120 do 180 GWh.

**Tab. 3a — Podaci glavnih objekata crpnih stanica na horizontu Livanjskog polja**

| Glavni objekti | Postrojenje | | |
|---|---|---|---|
| | CS Ždralovac | CS Vržerale | CS Mukišnica |
| Dovodni kanal | Regulacija jaruga i novi kanali u duljini 35,0 km F = 5—40,0 m² | Gl. kanal L = 31,0 km, F = 30—70,0 m² | L = 6 km $F_{max}$ = 15,0 m² |
| Dovodni tunel | | | L = 1000 m F = 2,0 × × 3,0 = 6,0 m² (gravitacioni) |
| Tlačni cijevni vod | Armirani beton L = 40,0 m D = 3,60 m | Armirani beton L = 80,0 m D = 5,0 m | Armirani beton L = 60,0 m D = 2,8 m |
| Strojarnica | Vanjski smještaj strojarnice i trafostanice površina 100 m² | Kao CS Ždralovac površina: 216 m² | Kao CS Ždralovac površina 100 m² |
| Trafo-postrojenje | | | |
| Rasklopno postrojenje | | | |
| Odvodni kanal | | L = 6,0 km F = 50—70 m² | |

**Tab. 3b — Podaci glavne opreme crpnih stanica na horizontu Livanjskog polja**

| Glavna oprema | Postrojenje | | |
|---|---|---|---|
| | CS Ždralovac | CS Vržerale | CS Mukišnica |
| Pumpe | Pumpe: 2 cetrifugal. po 20 m³/s, 231 o/min. 3000 KS. 1 centrifug. po 5,0 m³/s, 428 o/min, 670 KS | Pumpe: 3 centrifug. po 30,0 m³/s, 250 o/m, 10 000 KS 1 centrif. po 5,0 m³/s, 600 o/m, 1900 KS. | Pumpe: 2 centrifug. po 10 m³/s, 273 o/min, 3300 KS 1 centrifug. po 5 m³/s, 600 o/min, 1900 KS |
| Motori | Sinhroni motori: 2 po 2650 kW, 6 kV 1 po 600 kW, 6 kV | Sinhroni motori: 3 po 9000 kW, 6 kV 1 po 1700 kW, 6 kV | Sinhroni motori: 2 po 3000 kW, 6 kV 1 po 1700 kW, 6 kV |
| Transformatori | 2 × 3000 kVA 30/6 kV 1 × 25 kVA 30/0,4 kV | 3 × 10.000 kVA 110/6 kV 1 × 500 kVA, 6/0,4 kV | 2 × 3000 kVa, 30/6 kV 1 × 25 kVA, 30/0,4 kV |

7. Po izlasku iz Sinjskog polja počinje donji, kanjonski dio toka Cetine s ukupnim bruto padom od cca 290,0 m. Iz napred iznešenih topografskih, geoloških i hidroloških karakteristika ovog dijela toka, nameće se samo od sebe derivaciono rješenje energetskog iskorištenja voda Cetine na ukupnom, ili bar većem dijelu raspoloživog bruto pada od Sinjskog polja do ušća Cetine u more.

Kao mjesto zahvata Cetine dolazi u obzir potez od Sinjskog polja do blizine Čikote; nizvodno sve do Blata na Cetini (od kote 249,0 do kote 200,0) proteže se zona periodičkih vrela, odnosno estavela, te ni jedno mjesto na ovom potezu ne dolazi u obzir za zahvat Cetine u energetske svrhe.

Projektima je razmatrano više varijanata energetskog iskorištenja donjeg toka Cetine, pa je nakon njihove komparacije odabrano ekonomski najpovoljnije rješenje u dvije stepenice: s malom HE Đala i velikom derivacionom HE Split.

Oba ta postrojenja energetski koriste iste vode sliva Cetine, koje su na užem dijelu sliva izravnane daljinskom akumulacijom Peruča, a na bosanskom dijelu akumulacijom B. Blato, iz koje se vode putem HE Jabuka prebacuju na horizont Sinjskog polja, odnosno u Cetinu.

7. 1. HE Đala je pribransko postrojenje u podnožju brda Konačnik a u neposrednoj blizini zaseoka Đale. Srednji bruto pad ovog postrojenja iznosi 13,0 m, a srednja godišnja produkcija 101 GWh. Instalirana je snaga 19,0 MW uz protok $Q_i$ = 180 m³/s. Zbog neznatne korisne sadržine jezera, svega 200 000 m³, postrojenje je praktički protočnog karaktera, zbog čega mu je instalirani protok nešto manji od onog na nizvodnoj HE Split.

Smještaj pregrade HE Đala diktiran je geološko-hidrološkim odnosima u kanjonu Cetine nizvodno od Sinjskog polja. Istim faktorima ograničen je i uspor na zahvatu nizvodne HE Split, zbog čega između donje vode HE Đala i srednje gornje vode HE Split ostaje energetski neiskorišteno oko 8,0 m pada Cetine. Postoji mogućnost, da se taj pad energetski iskoristi na dva načina:

**Tab. 4a — Podaci glavnih objekata većih hidroelektrana**

| Glavni objekti | POSTROJENJE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | HE Jabuka | HE Peruča | HE Đale | HE Split |
| Pregrada | zemljani nasipi $H_{max}$ = 18,0 m $L_{max}$ = 12,0 km | kamena nasuta $H_{max}$ = 63,0 m $L_{max}$ = 440,0 m | betonska gravitaciona $H_{max}$ = 19,0 m $L_{max}$ = 97,0 m | betonska gravitaciona $H_{max}$ = 34,0 m $L_{max}$ = 153,0 m |
| Dovodni tunel | L = 15 km D = 5,8 m | L = 230 m D = 6,70 m | | L = 2 × 9,8 km D = 6,0 m (tlačni) |
| Vodna komora | raščlanjena s prelivom | | | raščlanjena s prelivom |
| Tlačni cijevni vod | vertikalni prednapregnuti beton; L = 2 × 410 m D × 3,40 m | čelični; 2 kom. L = 60,0 m D = 3,80 m | | vertikalni prednapregnuti beton; L = 4 × 270 m D = 3,50 m |
| Strojarnica | Podzemni smještaj u jedinstvenoj kaverni 54.000 m³ | Vanjska uz branu; 15 000 m³ | Strojarnica vanjska kao sastavni dio brane; 6 700 m³ | Podzemni smještaj u kaverni 70 000 m³ |
| Trafopostrojenje | | Trafo i rasklopno postrojenje 110 kV smješteno vani iza strojarnice F = 1600 m² | Trafo i rasklopno postrojenje 110 kV smješteno vani uz strojarnicu F = 760 m² | |
| Rasklopno postrojenje | 110 i 380 kV, vanjsko; površina: 15 000 m² | | | 110 i 220 kV vanjsko; površina: 28 500 m² |
| Pristupni tunel | koso okno L = 460 m F = 30 m² | | | L = 330 m F = 30,0 m² |
| Odvodni tunel | L = 5,0 km D = 6,2 m | | | L = 2 × 350 m F = 33,4 m² |
| Odvodni kanal | L = 0,8; F = 40 m² i regulacija potoka Rude, L = 1,0 km | | | L = 715,0 m $F_{max}$ = 300 m² |

a) izgradnjom pribranske HE Bisko $Q_i = 180$ m³/s i

b) izgradnjom derivacione HE Đala s istim zahvatom kao kod pribranske i gravitacionim dovodnim tunelom duljine oko 1,0 km.

Kako je rješenje pod b) ekonomičnije od onoga pod a), to u vrijeme aktuelnog iskorištenja ovog dijela Cetine treba izvršiti ekonomsku komparaciju pribranskog i derivacionog rješenja HE Đala.

7.2. HE Split je najveće projektirano postrojenje u našoj zemlji; ono je ujedno rentabilnije od svih dosada izvedenih i projektiranih hidroelektrana, zahvaljujući bogatstvu voda (izravnanih uzvodnim akumulacijama Peruče i B. Blata), te velikom uzdužnom padu i vanredno povoljnom topografskom smještaju donjeg toka Cetine, što omogućuje iskorištenje maksimalnog bruto pada od 272 m uz ukupnu duljinu derivacije od svega 11 km.

Srednji bruto pad HE Split iznosi 269,0 m; instalirani je protok $Q_i$ = 200 m³/s, snaga 425 MW, a godišnja produkcija preko 2 000 000 000 kWh, te je skoro dva puta tolika kao u predratnoj Jugoslaviji (1939 god. — 1 173 000 000 kWh).

Osnovni su podaci tehničkog rješenja:

1. Branom, smještenom u kanjonu Cetine na km 39 + 900, ostvaruje se uspor u iznosu od 23,0 m, t. j. do kote 273,0. Tako ostvareno jezero na zahvatu ima ukupnu sadržinu 6,8 hm³; uz oscilaciju jezerskog nivoa od 6,0 m korisna je zapremnina 3,0 hm³, što zadovoljava potrebe dnevnog izravnanja HE Split.

Usvojeni uspor na zahvatu ograničen je geološko-hidrološkim odnosima u zaleđu kanjona, a zahtijeva injekcionu zavjesu u pregradnom profilu, kao i konsolidaciju nekih slabijih mjesta u području jezera.

2. Od ulaznog uređaja, smještenog uz samu branu, vode dva paralelna dovodna tunela u smjeru ušća Cetine kod Omiša. Pojedinačna duljina tunela od ulaza do vodne komore iznosi 9,8 km, a čisti im je profil 6,0 m.

Na mjestu vodne komore izvršen je takav spoj tunela, da oba djeluju kao jedinstven dovod, a osim toga je spuštanjem zapornica omogućen i odvojen rad svakog tunela, što je potrebno za slučaj revizije ili popravka drugog.

3. Neposredno iza vodne komore svaki se tunel račva u dva cijevna voda, koji prolaze kroz zasunsku komoru s leptirastim zatvaračima. Takvim rješenjem svaka turbina ima svoj posebni cijevni vod sa čistim profilom 3,5 m, a duljinom 270,0 m, od čega je pretežni dio vertikalan.

4. Strojarnica je podzemna, a u njoj su smještena četiri glavna i dva kućna agregata, te montažni prostor, komanda i pomoćne prostorije. Glavni agregati imaju vertikalne Francis turbine pojedinačne snage 151 000 KS, i generatore prividne snage 120 000 kVA, odnosno 106 250 kW, ukupno 425 MW.

Kućni agregat sastoji se od Pelton turbine snage 1 150 KS i generatora 1000 kVA.

Uz strojarnicu nalazi se kaverna transformatora i 16,5 kV-nog rasklopnog postrojenja; ova je kaverna kabelskim rovom spojena sa 110 i 220 kV-nim rasklopnim postrojenjem smještenim na otvorenom prostoru.

5. Po dva turbinska odvoda spajaju se u jedan odvodni tunel — ukupno dva tunela, pojedinačne duljine 350 m; voda iz obaju tunela izliva se u zajednički odvodni kanal duljine 715 m, a odavde u Cetinu, koja je na tom dijelu u razini mora.

Opisano tehničko rješenje HE Split sa dva dovodna i odvodna tunela, te četiri glavna agregata

**Tab. 4b — Podaci opreme većih hidroelektrana**

| Glavna oprema | POSTROJENJE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | HE Jabuka | HE Peruča | HE Đale | HE Split |
| Turbine | 4 Francis turbine vertik. po 89 000 KS, 500 o/min 2 Pelton turb. horiz. po 1000 KS, 1000 o/min. | 2 Francis turbine po 28.800 KS 187 o/min | 2 kaplan turbine po 13 000 KS 150 o/min | 4 Francis turbine vert. po 151 000 KS 300 o/min. 2 Pelton turbine po 1150 KS, 750 o/min. |
| Generatori | 4 × 70 000 kVA 16 kV 2 × 1000 kVA 0,4 kV | 2 × 25 000 kVA 10,5 kV | 2 × 12 000 kVA 10,5 kV | 4 × 120.000 kVA 16,5 kV 2 × 1000 kVA 0,4 kV |
| Transformatori | 4 × 75 000 kVA, 16/220, trofazni 1 × 1000 kVA, 10/0,4 kV | 2 × 25 000 kVA 105/110 kV 2 × 630 kVA 10,5/0,4 kV | 2 × 12 000 kVA 10,5/110 kV 2 × 400 kVA 10,5/0,4 kV | (6 + 1) × 40 000 kVA 16,5/110/$\sqrt{3}$ kV (6 + 1) × 40 000 kVA 16,5/220/$\sqrt{3}$ kV (3 + 1) × 33 300 kVA 110/$\sqrt{3}$/220/$\sqrt{3}$ kV 1 × 1000 kVA, 10/0,4 kV |

i cijevna voda omogućuje vrlo povoljnu etapnu izgradnju ovog postrojenja, kod kojeg bi se u prvoj etapi dobivalo oko 1 500 000 000 kWh.

### Etapna izgradnja sistema Cetine

Vodeći računa o vodoprivrednoj problematici pojedinih dijelova područja Cetine, vremenskim mogućnostima izrade projekata, te rentabilnosti izvedbe pojedinih postrojenja, izgradnja glavnih energetskih objekata sistema Cetine predviđena je u tri glavne etape:

1. Izgraditi akumulacioni basen Peruče sa ili bez pribranske hidroelektrane. Time se omogućuje natapanje nizvodnog Hrvatačkog i Sinjskog polja (7600 ha) i postiže konstantna snaga na postojećoj HE Kraljevac. Ta je snaga kroz veći dio godine jednaka instaliranoj, a smanjuje se na 1/2 do 2/3 samo kroz suhe ljetne mjesece.

hidroelektrana na području kraških polja Bosne, što međutim nema nikakvog upliva na opisano vodoprivredno rješenje sliva i njegov energetski bilans, te se zbog toga ta postrojenja neće razmatrati u ovom prikazu.

### Energetski bilans sistema Cetine

Svakoj opisanoj etapi izgradnje sliva Cetine odgovara izvjesna produkcija hidroenergije.

Kod postojećeg stanja jedino postrojenje na Cetini predstavlja stara, skoro dotrajala HE Kraljevac, čiji se vijek trajanja s punijim opterećenjem može procijeniti na još 5—6 godina, a s reduciranim na daljnjih 4—5 godina. U svakom slučaju ovo će postrojenje iziskivati dosta velike troškove remonta i održavanja. Instalirani protok HE Kraljevac iznosi $Q_i = 73{,}0\ m^3/s$, a snaga $P_i = 62{,}0$ MW.

**Tab. 5 — Podaci snage i produkcije po etapama**

| Postrojenje | Podaci | Sadašnje stanje | I. etapa | II. poluetapa | II. etapa |
|---|---|---|---|---|---|
| HE Kraljevac | Snaga $P_i$ (1000 kW) | 62 | 62 | 62 | — |
| | Proizvodnja W (mil. kWh)* | 300 | 430 | 161 | — |
| HE Peruča | Snaga $P_i$ (1000 kW) | — | 44 | 44 | 44 |
| | Proizvodnja W (mil. kWh)* | — | 165 | 152 | 150 |
| HE Split | Snaga $P_i$ (1000 kW) | — | — | 212,5 | 425 |
| | Proizvodnja W (mil. kWh)* | — | — | 1500 | 2010 |
| Ukupno | Snaga $P_i$ (1000 kW) | 62 | 106 | 318,5 | 469 |
| | Proizvodnja W (mil. kWh)* | 300 | 595 | 1813 | 2160 |

* W = raspoloživa proizvodnja (ne teoretska)

2. Kao druga etapa dolazi izgradnja HE Split. Ova može biti izgrađena u konačnoj veličini, t. j. sa $Q_i = 200\ m^3/s$, ili pak u dvije poluetape, kod čega bi prva poluetapa sa $Q_i/2 = 100\ m^3/s$ uslijedila uskoro, a druga kasnije — već prema potrebi.

3. Kao treća glavna etapa dolazi realizacija akumulacije B. Blata i pripadajuće stepenice do Sinjskog polja (HE Jabuka). HE Vrilo i Kablići mogu se izgraditi istovremeno sa B. Blatom ili pak nastavno.

HE Bogdašić i Mokronoge, kao postrojenja minimalne energetske vrijednosti, dolaze u obzir za izgradnju u dalekoj budućnosti, dok bi HE Stržanj trebalo izgraditi što prije. Ovo je naime dosta ekonomično postrojenje, čija bi izgradnja omogućila brži privredni razvoj područja kraških polja jugozapadne Bosne, na kojem sada postoji skoro potpuni energetski »vakuum«.

Time bi praktički bilo dovršeno energetsko iskorištenje voda u sistemu Cetine. To međutim ne znači da su opisanim energetskim rješenjem sliva i predviđenim etapama izgradnje iscrpljene sve hidroenergetske mogućnosti tog područja. Postoji naime mogućnost izgradnje većeg broja malih

Teoretska produkcija u srednjoj hidrološkoj godini (1927/28) iznosi oko 380 GWh, pri čemu je pretpostavljeno, da su protoci izravnani unutar dekade. Kako to međutim nije slučaj, jer postrojenje nema nikakve akumulacije, to će pojedini vodni talasi ostati dekadno neizravnani i energetski neiskorišteni. Osim toga, zbog čestih i dosta naglih promjena u raspoloživoj snazi (posljedica bujičnog karaktera Cetine) nije moguće puno iskorištenje raspoložive snage, jer se konsum stalnijih potreba ne može prilagoditi takvom stanju. Zbog toga teoretsku produkciju treba množiti s koeficijentom $f < 1$, da se dobije iskoristiva produkcija. Prema iskustvu, a kod postojećeg kritičnog stanja konsuma, ovaj koeficijent iznosi u prosjeku oko 0,8, pa je iskoristiva produkcija u srednjoj godini cca 300 GWh.

Nakon prve etape izgradnje sliva Cetine postojat će akumulacija Peruča, kojom će se izvršiti sezonsko vodno izravnanje HE Kraljevac, te pribranska HE Peruča kao novo proizvodno postrojenje.

Teoretska produkcija HE Kraljevac nakon izgradnje Peruče iznosi u srednjoj godini oko 480

GWh, što uz povoljniji koeficijent iskorištenja f = 0,9 (zbog vodnog izravnanja Peručom i stalnosti snage) daje iskoristivih oko 430 GWh godišnje.

Pribranska HE Peruča sa $Q_i$ = 120 m³/s i $P_i$ = 44,0 MW imat će u srednjoj godini teoretsku produkciju od 186 GWh, što uz koeficijent iskoristivosti f = 0,9 (evaporacija i procjeđivanje, te nepravilnosti pogona) daje iskoristivu proizvodnju od najmanje 165 GWh godišnje.

U drugoj etapi izgradnje sistema Cetine razmotrit ćemo dvije poluetape.

U prvoj poluetapi raspolaže se:

1. akumulacijom i HE Peruča,
2. polovinom izradnje HE Split ($Q_i/2$ = 100 m³/s i $P_i/2$ = 212,5 MW) i
3. postojećom HE Kraljevac

na kraškim poljima biti smanjen dotok Cetine do Peruče, dok će kod HE Split biti povećan dovodom novih voda preko HE Jabuka; to će imati za posljedicu smanjenje godišnje produkcije na HE Peruča, a povećanje na HE Split.

Podaci produkcije svakog postrojenja dani su u priloženoj tabeli, kako za sadašnje stanje tako i za opisane etape izgradnje. Pri tome je predviđeno, da u konačnoj izgradnji energetskih postrojenja sistema Cetine budu izvršeni i svi melioracioni radovi, pa je od radne vode hidroelektrana odbijena količina vode potrebna za natapanje pojedinih polja.

Iz tabele se vidi, da glavne energetske izvore predstavljaju HE Split i HE Jabuka, koje daju 58,1 + 31,1 = 89,2% od ukupne produkcije cijelog sistema Cetine. Jasno je, da o njihovoj produkciji ovisi karakter, odnosno kvalitet energije cijelog

**Tab. 6 — Podaci postrojenja u konačnoj izgradnji sistema Cetine**

| Postrojenje | Korisna akumulacija Ak mil. m³ | Bruto pad $H_b$ max m | Instaliran protok Qi m³/s | Protok Q.. m³/s | Instalirana snaga Pi 1000 kW | Raspoloživa proizvodnja mil. kWh |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. HE Stržanj . . . . . | 5,0 | 185, | 1,5 | 1,1 | 2,0 | 13,0 |
| 2. HE Bogdašić . . . . . | 5,0 | 15,0 | 3,0 | 2,8 | 0,32 | 1,6 |
| 3. HE Mokronoge . . . . | 0,2 | 30,0 | 3,5 | 2,8 | 0,64 | 4,4 |
| 4. HE Vrilo . . . . . . | 0,5 + 40,0* | 150,0 | 15,0 | 10,0 | 16,0 | 90,0 |
| 5. HE Kablići . . . . . | 5,0 + 35,0* | 160,0 | 7,0 | 4,0 | 8,0 | 45,0 |
| 6. HE Jabuka . . . . . | 690,0 | 415,0 | 80,0 | 39,5 | 250,0 | 1080,0 |
| 7. HE Peruča . . . . . | 495,0 | 57,0 | 120,0 | 43,0 | 44,0 | 120,0 |
| 8. HE Đale . . . . . . . | 0,2 | 13,5 | 180,0 | 113,0 | 19,0 | 101,0 |
| 9. HE Split . . . . . . | 3,0 | 272,0 | 200,0 | 110,0 | 425,0 | 2020,0 |
| Ukupno | 1278,9 | | | | 765,0 | 3475,0 |

* Zimska akumulacija.

Teoretska produkcija u srednjoj godini (1927/28) iznosi na HE Peruča 160 GWh, na polovini HE Split 1659 GWh, i na HE Kraljevac 187 GWh — ukupno 2006 GWh, što uz srednji koeficijent iskorištenja f = 0,88 daje minimalnu iskoristivu produkciju od 1813 GWh godišnje.

U drugoj poluetapi izgradit će se druga polovina HE Split, pa će se na kraju etape raspolagati sa HE Peruča i HE Split ($Q_i$ = 200 m³/s i $P_i$ = 425,0 MW), dok će HE Kraljevac biti izvan pogona kao potpuno dotrajalo postrojenje.

Teoretska produkcija u srednjoj godini iznosit će 2247 + 160 = 2407 GWh, dok će uz koeficijent iskorištenja f = 0,9 iskoristiva godišnja produkcija iznositi 2160 GWh.

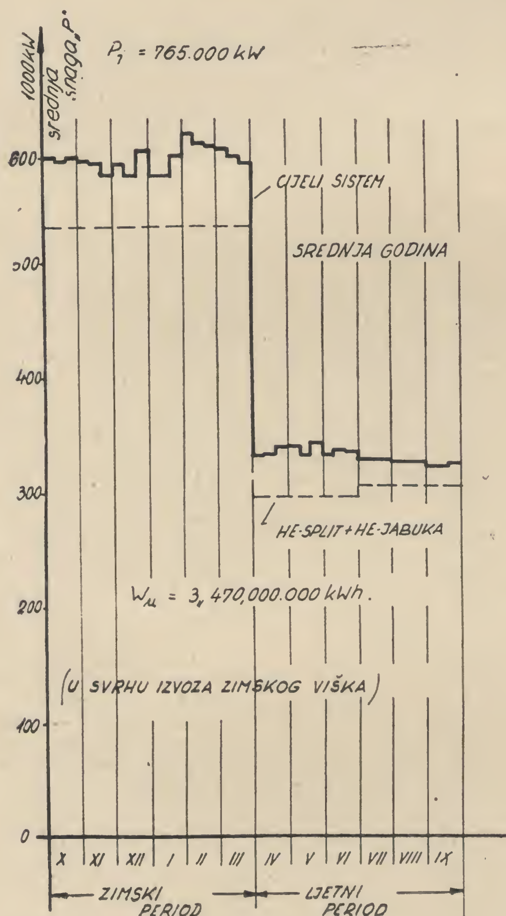
U konačnoj izgradnji sistema Cetine bit će u pogonu sve opisane hidroelektrane tog područja s ukupnom teoretskom produkcijom od 3860 GWh godišnje, od čega je iskoristivih 3475 GWh uz f = 0,9. Pri tome će zahvatom površinskih voda

sistema, te da akumulacioni baseni Peruča i B. Blato služe isključivo vodnom izravnanju ovih dvaju postrojenja. Iz priloženih diagrama snage je vidljivo, da je kvalitet energije ovih postrojenja vrlo velik i da je moguće forsiranje zimske ili ljetne produkcije, već prema potrebama konsuma šireg energetskog područja.

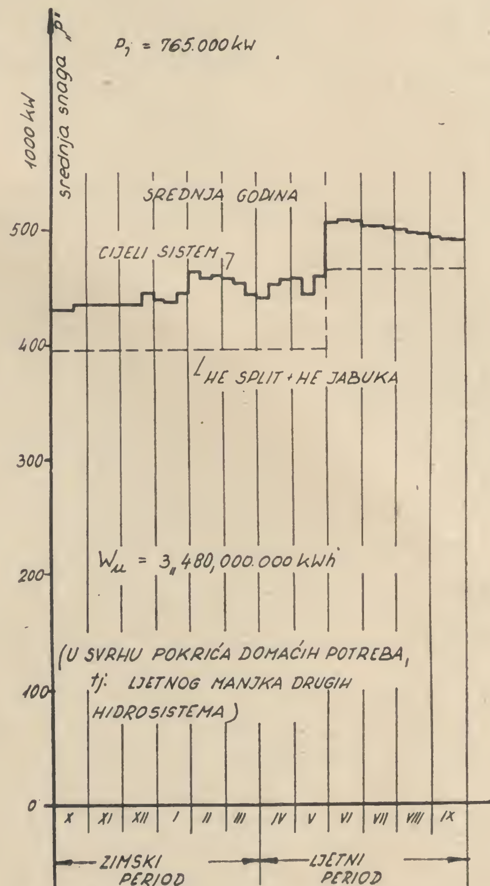
## Upliv energetskog rješenja područja Cetine na susjedne slivove i druge vodoprivredne interesente

Opće je poznata činjenica, da u kraškim područjima poput sliva Cetine ne postoji ni trajna ni točno određena granica sliva; ova je podvrgnuta neprestanim promjenama, kako u toku godine — ovisno o stanju, odnosno vodostaju podzemnih i površinskih voda — tako i u toku duljeg vremenskog perioda, kao posljedica erozionog i korozionog djelovanja voda; osim toga, djelovanjem tektonskih sila dolazi katkada do vrlo velikih promjena i nepoželjnih posljedica.

Vrlo opsežnim i dugotrajnim hidrološkim i geološkim istraživanjem i studijem prilično je rasvijetljena podzemna hidrološka veza između pojedinih vodnih horizonata; mjestimično je dobivena potpuno jasna slika, dok su drugdje dobiveni podaci i indikacije za donošenje dosta pouzdanih zaključaka. Na temelju tih podataka i studija izrađen je vodni i energetski bilans opisanih postrojenja u sistemu Cetine, čija će konačna izgradnja imati ovaj utjecaj na susjedne slivove ili pojedine dijelove područja Cetine:




Slika 3 — Dijagram snage sistema Cetine. Forsiranje zimske produkcije




Slika 4 — Dijagram snage sistema Cetine. Forsiranje perioda malih voda

1. Zahvatom voda potoka Milač na Kupreškom polju oštetit će se sliv Neretve — vjerojatno vrela Rame — za cca 0,3 m³/s, t. j. za onu količinu vode, koja se nakon poniranja Milača ne pojavljuje na vrelima p. Šujice (V. i M. Stržanj). To nema značajnog uticaja na sliv Neretve, a predviđeni zahvat ima puno ekonomsko opravdanje, jer se energetsko iskorištenje ovih voda u predviđenom rješenju sliva Cetine vrši na dva puta većem padu od onog u slivu Neretve.

2. Privođenjem voda iz sjeverozapadnog dijela Glamočkog polja u sliv Cetine oštetit će se sliv Save (vrela Plive ili Sane) za oko 2,0 m³/s. Kako su u ovoj količini pretežno sadržane bujične vode, koje su nepoželjne u nizinskim poplavnim dijelovima savskog područja, to je poželjan predviđeni zahvat i prebacivanje ovih voda u sliv Cetine. Osim toga, ove se vode u sistemu Cetine energetski koriste na cca dva put većem padu od onog u slivu Save.

3. Zahvatom voda p. Šujice i onih na horizontu B. Blata vjerojatno će se uticati na vodni režim horizonta Imotsko-Bekijskog polja. Međutim, taj uticaj može biti samo povoljan za to područje, jer će se zahvatom velikih voda smanjiti poplavni valovi na Imotsko-Bekijskom polju, a neizbježnim procjeđivanjem iz akumulacije B. Blata može doći samo do povećanja malih voda na tom polju. Osim toga, energetsko se iskorištenje tih voda predviđenim rješenjem sliva Cetine vrši na znatno većem padu.

4. Zahvat voda s kraških polja jugozapadne Bosne, naročito onih s horizonta Livanjskog polja, odrazit će se u velikoj mjeri na režim Cetine.

Izdašnost lijevo-obalnih vrela od izvora pa do izlaska iz Sinjskog polja bit će osjetljivo smanjena, zbog čega će se akumulacijom Peruča moći izvršiti znatno bolje i povoljnije vodno izravnanje na nizvodnom toku.

Akumuliranjem voda s kraških polja u B. Blatu i reguliranim puštanjem u Cetinu na horizontu Sinjskog polja putem HE Jabuka dobit će se u donjem toku Cetine nešto više vode, koja će kroz cijelu godinu teći izravnana, t. j. s jednoličnim i stalnim protokom; ovo je naročito povoljno za energetsko iskorištenje na padu do mora.

5. Predviđeni zahvat Cetine za HE Split oštetit će oko 39 km nizvodnog toka Cetine skretanjem njezinih voda putem tunela ovog postrojenja u smjeru ušća kod Omiša. Da taj kanjon Cetine nizvodno od zahvata ne ostane suha jaruga u tom inače bezvodnom kraju, predviđeno je, da mu se osigura stalna živa voda, koja bi se ispuštala iz zahvata u količini od 2 do 3 $m^3/s$. Osim toga je za vodnu opskrbu pučanstva nizvodno od zahvata predviđena izgradnja grupnog vodovoda, kao odšteta za oduzimanje većeg dijela žive vode Cetine.

Za ostale interesente vodoprivrednog rješenja sliva Cetine situacija je ova:

1. Poljoprivreda, kao glavni interesent pored elektroprivrede, imat će vrlo povoljne uslove za intenzivno obrađivanje poljoprivrednih površina po svim kraškim poljima u jugozapadnoj Bosni, kao i u dolini Cetine.

Akumulacijama, odvodnim organima i postojećim ponorima moći će se praktički potpuno spriječiti svaka štetna i nepoželjna inundacija polja.

Akumulacioni baseni omogućuju, da se u suhom vegetacionom periodu izvrši natapanje ogromnih poljoprivrednih površina i time osjetljivo poveća nacionalni dohodak poljoprivrede.

Poljoprivredna studija, izrađena za cio sliv Cetine, daje ove podatke:

a) Odvodnjom, primjenom agrotehnike i natapanjem cca 30 000 ha na bosanskom području porast će poljoprivredni prihod na 220% sadašnjeg iznosa.

b) Na dalmatinskom dijelu sliva, t. j. u dolini Cetine, porast će poljoprivredni prihod na 390% sadašnjeg iznosa, a nakon odvodnje, primjene agrotehnike i natapljanja cca 10 000 ha. To povećanje poljoprivrednog prihoda polučit će se usprkos potapljanja poljoprivrednog zemljišta akumulacionim bazenima. Na bosanskom području predviđeno je naime potapljanje od 5800 ha, a na dalmatinskom 1200 ha obradivih površina.

2. Kao sljedeći interesent vodoprivrednog rješenja pojavljuje se vodna opskrba pučanstva i industrije.

Akumulacionim basenima osjetljivo će se povećati rezerve vode za suhi period, što na cijelom području pruža mogućnost, da se eventualne potrebe za industrijskom vodom bolje zadovolje nego kod sadašnjeg stanja.

U pogledu vodne opskrbe pučanstva situacija je u glavnom ista kao i kod industrije, iako će predviđenim zahvatima biti smanjena izdašnost mnogih vrela, od kojih će ona u akumulacionom basenu Peruče biti stavljena i pod uspor jezera.

Činjenica je, međutim, da će predviđenim zahvatima biti pojedinim vrelima oduzeta uglavnom voda porijekla s višeg horizonta (površinska), koja je zbog direktnih i otvorenih podzemnih veza nepovoljno uticala na kvalitet vode tih vrela, kvareći inače vrlo dobru vodu podzemnicu nastalu procjeđivanjem.

Ukoliko bi se dakle voda tih vrela morala tehničkim sredstvima prirediti za svrhe vodne opskrbe pučanstva, onda nema razloga da se to ne učini s vodom iz akumulacionih basena ili derivacionih organa.

Prilike pojedinih vrela s dubokom i kvalitetnom vodom podzemnicom neće se izmijeniti predviđenim zahvatima. Ista je situacija i s postojećim vodovodima (Kupres, Duvno, Livno i Sinj), na čije kaptaže i mrežu neće biti nepovoljnih uticaja.

Treba, međutim, naglasiti, da će pored neznatnog negativnog uticaja predviđena vodoprivredna rješenja u velikoj mjeri povoljno riješiti vrlo akutan problem vodne opskrbe pučanstva na mnogim područjima sliva, a sve na račun elektroprivrede, odnosno energetskih objekata (na pr. donji dio Kupreskog polja — Rilić, jugoistočni dio Glamočkog i sjeverozapadni dio Livanjskog polja, te cijelo područje donjeg toka Cetine — grupni vodovodi).

Kako osim ribarstva, čiji će se uslovi za razvoj poboljšati, nema više drugih spomena vrijednih interesenata na vodoprivrednoj osnovi sliva Cetine, to se može donijeti opći zaključak, da će predviđena vodoprivredna rješenja veoma povoljno uticati na privredni i kulturni razvoj toga kao i šireg područja.

# GEOMEHANIČKA ANALIZA POJAVE ZASTORNIH VREĆA

## U NASIPU ŽELJEZNIČKE PRUGE BEOGRAD—ZAGREB KOD SLAVONSKOG BRODA I VRPOLJA

Ing. **Branko Ladanji**, Zagreb

### Uvod

Između mnogih problema koje neprekidno rješavaju organi održavanja željezničkih pruga radi osiguranja nesmetanog saobraćaja, osiguranje stabilnosti kolosjeka na podlozi od koherentnog tla u usjeku i nasipu često pruža znatne poteškoće. Takoreći već od prvih dana eksploatacije željezničkih pruga poznato je, da se u planumu željezničkih usjeka i nasipa gdje je podloga glinovitog karaktera na nekim mjestima pojavljuju udubljenja, u kojima se zadržava oborinska voda. Takve se pojave u željezničkom rječniku nazivaju obično »zastorna korita«, »džepovi« i »zastorne vreće«.

U početnom razdoblju eksploatacije željezničkih pruga, dok je saobraćaj bio još lagan i rijedak, ta pojava nije predstavljala ozbiljan problem. Uvođenjem sve većih osovinskih pritisaka vozila i brzina vlakova, kao i s razloga što je proces razvitka vreća u podlozi progresivan, stanje ovakovih nestabilnih poteza željezničkih pruga do danas se znatno pogoršalo. Na mnogim mjestima pruga, gdje su kroz duže vrijeme opažani znakovi prisustva zastornih vreća, stanje je postalo u novije doba toliko kritično, da predstavlja opasnost za sigurnost saobraćaja.

Kolosijek na nestabilnoj podlozi sa zastornim vrećama sliježe se pod svakim prolazećim vlakom za mali iznos. Kod gustog saobraćaja ova se slijeganja sumiraju, pa ukupno slijeganje kolosjeka može doseći i nekoliko centimetara dnevno. Održavanje kolosjeka na propisanoj niveleti na takvim mjestima zahtijeva stalno anagažiranje željezničkog osoblja, utrošak sve većih količina skupog zastornog materijala, a u težim slučajevima i uvođenje smanjene brzine vožnje, te eventualno prekid saobraćaja.

Željeznički stručnjaci bavili su se često problemom zastornih vreća u podlozi željezničkih pruga, tako da je danas u principu poznat uzrok postanka i tok razvitka zastornih vreća, a u pojedinim željezničkim upravama propisane su i metode njihovog saniranja. Kako, međutim, taj problem uslijed razvitka saobraćaja postaje svakim danom sve ozbiljnijim, ukazala se potreba da se pristupi ponovnom detaljnijem proučavanju, osobito uz primjenu metoda geomehanike, sa ciljem da se s jedne strane pronađe kakve mjere treba poduzeti da se spriječi stvaranje vreća u novim nasipima, a s druge strane da se nađu najefikasnije i najekonomičnije metode za saniranje već ugroženih poteza nasipa i usjeka.

Na području željezničke direkcije Zagreb opažene su na većem broju mjesta pojave karakteristične za postojanje zastornih vreća u podlozi kolosijeka. Takvih mjesta ima nekoliko na pruzi Vinkovci—Novska i Novska—Sisak u nasipu, a u usjeku na pruzi Zagreb—Rijeka.

Na zahtjev Željezničke direkcije Zagreb izvršilo je početkom ove godine poduzeće »Geoistraživanja« iz Zagreba opsežnije istražne radove i ispitivanja za geotehničku analizu stabilnosti nasipa na dva najviše ugrožena poteza glavne pruge Beograd—Zagreb: kod Slavonskog Broda i kod Vrpolja.

U ovom članku prikazan je ukratko tok istražnih radova, glavni rezultati analize stabilnosti, te prijedlozi za saniranje nasipa na tim potezima.

### 1. Stanje nasipa prije saniranja

Ugroženi potez nasipa kod Slavonskog Broda dug je oko 500 m i proteže se od km 222 + 200 do km 222 + 700. Nasip prolazi horizontalnim terenom, a visina mu iznosi prosječno 4 m.

U toku nekoliko zadnjih godina organi održavanja pruge opažali su stalna slijeganja obaju kolosjeka na većem broju mjesta ovog poteza nasipa. Na mjestima većih slijeganja planuma pokazale su se također i deformacije obiju kosina nasipa. Ove su pojave bile znatno intenzivnije nakon svakog dužeg, vlažnog kišnog perioda. Održavanje pruge na potrebnoj visini zahtijevalo je gotovo svakodnevno podbijanje pragova novim zastornim materijalom. Već prije početka ispitivanja bilo je izvršeno saniranje na lijevoj polovini nasipa pomoću poprečnih prokapnica i berma.

Slične pojave opažene su i na 1800 m dugom potezu nasipa između stanica Mikanovci i Vrpolje (km 180 + 400 do 182 + 200). Visina se nasipa na tom potezu kreće od 1,30 do 2,10 m, prosječno 1,60 m.

Na više mjesta ovog poteza u odsjecima dužine od 10 do 50 m opažana su stalna spuštanja lijevog kolosjeka. Da bi se održala stalna visina kolosjeka utrošene su za podbijanje pragova posljednjih nekoliko godina vrlo velike količine tučenca. Uporedo sa spuštanjem kolosjeka opažalo se i izdizanje terena uz nožicu nasipa, kao i izbočivanje lijevog pokosa. Na ovom potezu saniranje još nije bilo započeto za vrijeme ispitivanja.

### 2. Istražni radovi

U okviru programa istražnih radova pristupilo se početkom ove godine ispitivanju podloge nasipa. U Slavonskom Brodu izvedeno je tom prilikom 5 bušotina po 5 m dužine i jedna dužine 10 m. Iz bušotina izvađeno je 56 intaktnih uzoraka tla profila 80 mm. Ispitivanje trupa nasipa izvršeno

je u 3 sondažna zasjeka kroz polovinu presjeka nasipa iz kojih je izvađeno 15 intaktnih uzoraka profila 37 mm.

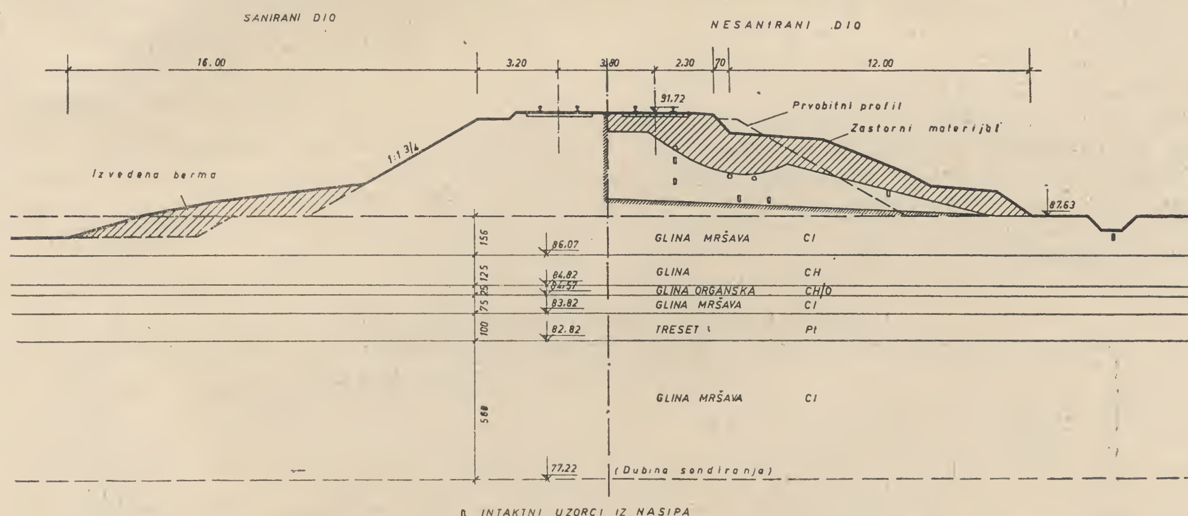
Na potezu nasipa kod Vrpolja izvedeno je 8 bušotina u podlogu do dubine 5 m, te je izvađeno 50 intaktnih uzoraka tla profila 80 mm, a trup nasipa i neposredna podloga ispitani su pomoću 3 sondažna zasjeka kroz nasip na karakterističnim deformiranim mjestima, te je iz njih izvađeno 6 intaktnih uzoraka tla.

Ispitivanja uzoraka tla započela su već na terenu određivanjem čvrstoće tla kod slobodne kompresije pomoću terenskog aksialnog aparata, a u laboratoriju, osim određivanja osnovnih karakteristika potrebnih za klasifikaciju po A. C. Sistemu, izvršeno je i ispitivanje relativnog poroziteta i konsistentnog stanja većine intaktnih uzoraka. Za nekoliko karakterističnih uzoraka iz podloge izvršen je i pokus konsolidacije.

### 3. Rezultati ispitivanja tla i analize stabilnosti

#### A) Nasip kod Slavonskog Broda (sl. 1)

Rezultati sondažnih bušenja u podlogu nasipa pokazali su da se podloga nasipa sastoji od slojeva mršavih i masnih glina u teško gnječivom i polučvrstom stanju. Također su nađena dva organska sloja (organska glina i treset), no u manjoj debljini




Slika 1 — Nasip kod Sl. Broda, snimljeni profil u sondažnom zasjeku

i prilično čvrsti. Analiza slijeganja podloge nasipa, provedena na osnovu rezultata edometarskih pokusa, pokazala je, da ukupan prinos, koje slijeganje podloge daje spuštanju planuma nasipa, može danas iznositi svega nekoliko milimetara godišnje, budući da je od dovršenja nasipa prošlo 66 godina za prvobitnu jednokolosječnu polovinu, a 27 godina za prošireni dio.

Ispitivanje stabiliteta podloge nasipa protiv posmičnog loma izvršeno je metodom Felleniusa za karakteristični nedeformirani poprečni profil nasipa i podloge. Za koheziju pojedinih slojeva uzete su prosječne najniže vrijednosti na osnovu rezultata ispitivanja na terenu aksialnim aparatom. U računu su upotrebljene slijedeće vrijednosti:

za sloj

± 0,00 do — 2,50 m : c = 2,0 t/m² (glina mršava)
— 2,50 do — 4,00 m : c = 6,0 t/m² (glina masna),
— 4,00 do — 5,00 m : c = 1,0 t/m² (treset),
— 5,00 do —11,00 m : c = 4,5 t/m² (glina mršava)

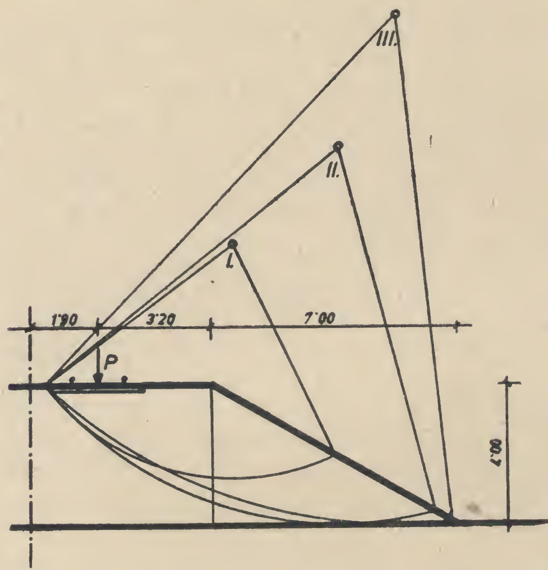
Budući da su u podlozi uglavnom slabo vodopropusne, vodom zasićene gline, a pokretni teret ima prolazni karakter, moglo se u ovom računu stabilnosti pretpostaviti, da je kut unutarnjeg trenja jednak nuli, tako da navedene vrijednosti kohezije ustvari predstavljaju i minimalne posmične čvrstoće tla u podlozi. Uz ove pretpostavke izračunati faktor sigurnosti protiv posmičnog loma podloge za kritične položaje kliznih ploha i maksimalno pokretno opterećenje od 12 t/m na svakom kolosjeku kretao se od 1,48 do 2,04, te je time dokazana stabilnost podloge za neporemećene dijelove nasipa.

#### Trup nasipa

Ispitivanje trupa nasipa izvršeno je u nekoliko zasjeka, koji su sezali do osi nasipa. Rezultati izvršenog snimanja geotehničkog profila u jednom zasjeku prikazani su u sl. 1. U većini zasjeka nađene su jako razvijene »vreće« zastornog materijala, koji se sastojao od smjese tučenca i šljake u raznim omjerima. Oblik i dimenzije vreća bile su različite u pojedinim zasjecima, no svuda je opaženo, da su deformacije pokosa nasipa proporcionalne stepenu razvoja zastornih vreća.

Oblik vreća bio je takav da im je dubina najmanja u sredini nasipa, te počinje rasti približno od osi kolosijeka najprije paralelno sa pokosom, a zatim se diže prema pokosu i završava ili kao zatvorena vreća u manjem stepenu razvoja, ili kao

klizno tijelo negdje u sredini visine pokosa nasipa, koje je aktivno pod svakim prolazećim vlakom, te izbacuje zastorni materijal preko pokosa, tako da se on ruši niz pokos.




Slika 2 — Nasip kod Sl. Broda, ispitane klizne plohe

U najnižim dijelovima zastornih vreća nalazila se veća količina slobodne vode. Ispitivanje uzoraka iz kontaktne zone vreće i jezgre nasipa pokazalo je, da je taj 5—10 cm debeli kontaktni sloj gline u žitko plastičnom stanju, sa posmičnom čvrstoćom od svega 1,2 do 1,8 t/m².

Ostali dio trupa nasipa od pjeskovite gline nađen je u normalnom mekoplastičnom stanju.

Posmična čvrstoća jezgre nasipa već neposredno ispod žitke zone bila je znatno veća, te se povećavala prema dubini od dna vreće do baze nasipa od 2,0 na 4,5 t/m².

gućnost slobodnog bujanja u šupljine među tucencem. Uslijed kliznih pokreta zastora po žitkoj zoni gline, efekat mehaničkog poremećenja uzrokovao je, da se klizna zona kretala djelomično zajedno sa zastorom, pa je raskvašenje prodiralo sve dublje. Tako svaki pokret zastora po kliznoj zoni u smjeru pokosa dovodi i do produbljivanja dna vreća i pogoršavanja stanja nasipa.

Ispitivanje stabiliteta trupa nasipa sa razvijenim zastornim vrećama izvršeno je pomoću 3 klizne plohe: dvije kroz nožicu pokosa i jedne iznad (sl. 2). Njihov oblik i smjer odabran je tako da odgovara stanju stvarno ustanovljenom u presjecima nasipa. Za ispitane minimalne vrijednosti kohezije žitke zone gline (c = 1,49 t/m² kod $\rho = 0^0$ i c = 1,25 t/m² kod $\rho = 10^0$), te razne kombinacije djelovanja pokretnog opterećenja i strujnog tlaka dobiveni su faktori sigurnosti kako se vidi iz tablice I.

Prikazani rezultati ispitivanja stabilnosti nasipa dokazuju da klizni pokreti u nasipu nastaju samo kod prolaza težih vlakova, a osobito kod stanja zasićenosti nasipa vodom nakon oborina, kada dolazi do kretanja vode paralelno sa pokosom prema nožici nasipa. Ispitivanje je također pokazalo, da se nedovoljni faktori sigurnosti dobivaju samo za vrijednosti posmične čvrstoće ustanovljene za žitku kontaktnu zonu gline, po čemu se može zaključiti, da se u pokretu nalazi najvećim dijelom samo zona zastornih vreća, dok ostali dio jezgre nasipa uglavnom ne sudjeluje u klizanju.

### Prijedlog za saniranje (slika 3)

Nasip je na ovom potezu bio građen u dva dijela: jednokolosječni 1889, a proširenje za drugi kolosjek 1928. Međutim ispitivanja su pokazala, da su pojave zastornih vreća podjednako zahvatile obje polovine nasipa.

**Tablica I. Faktori sigurnosti za nasip kod Sl. Broda**

| Klizna ploha | Opterećenja i pretpostavke | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | S ≠ O | | | | S = O | | | |
| | P = 12 t/m | | P = 0 | | P = 12 t/m | | P = 0 | |
| | $\varrho = 0$ c = 1,41 | $\varrho = 10^0$ c = 1,25 | $\varrho = 0$ c = 1,49 | $\varrho = 10^0$ c = 1,25 | $\varrho = 0$ c = 1,49 | $\varrho = 10^0$ c = 1,25 | $\varrho = 0$ c = 1,49 | $\varrho = 10^0$ c = 1,25 |
| I | 0,93 | 1,14 | 1,79 | 2,31 | 1,17 | 2,12 | 2,95 | 35,4 |
| II | 0,79 | 0,89 | 1,18 | 1,37 | 0,93 | 1,42 | 1,54 | 3,15 |
| III | 0,84 | 0,94 | 1,23 | 1,37 | 0,98 | 1,49 | 1,56 | 2,94 |

S = strujni tlak P = pokretni teret $\varrho$ = kut unutarnjeg trenja c = kohezija t/m²

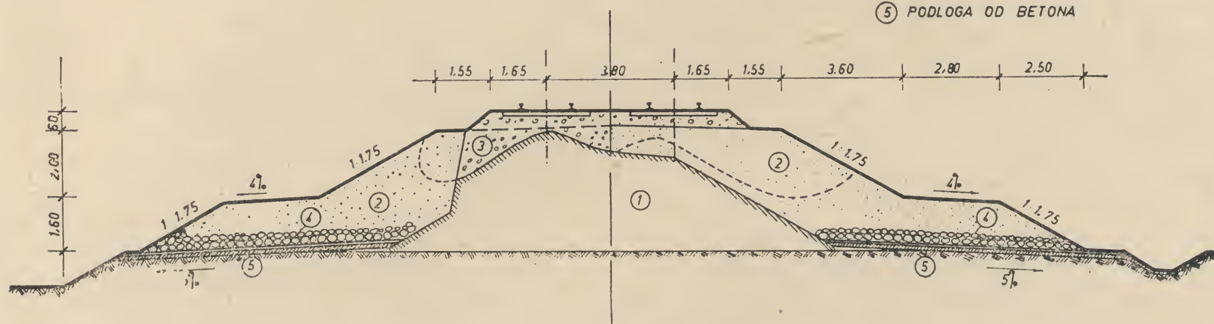
Uzrok toj pojavi treba pripisati glinovitom karakteru jezgre nasipa, koja je zasićena vodom, ali vrlo slabo vodopropusna, te bez mehaničkog poremećenja ili rasterećenja nije u stanju primiti veću količinu vode i promijeniti svoju konsistenciju. Na kontaktu sa krupno zrnatim zastorom glina je bila u stalnom dodiru s vodom, a imala je mo-

Saniranje ovog poteza predloženo je stoga pomoću poprečnih prokapnica na oko 5 m razmaka, s obje strane nasipa, koje izmjenično ulaze do osi nasipa i do ruba zastora. Dubina im je takva, da hvataju najniže točke zastornih vreća. One su ispunjene u nižem dijelu kamenom na betonskoj podlozi, a u gornjem dijelu lokomotivskom šlja-

kom. Od materijala koji se iskopa iz prokapnica izvode se kratke berme, koje također povećavaju stabilitet pokosa.

Jedan dio pokosa, gdje je već izvedeno saniranje na sličan način, pokazao je do sada praktički potpuno smirivanje.

se od 2,16 do 2,81, čime je dokazano da je netaknuti nasip na normalnoj podlozi potpuno stabilan i kod maksimalnog pokretnog opterećenja.




Slika 3 — Nasip kod Sl. Broda, prijedlog za saniranje

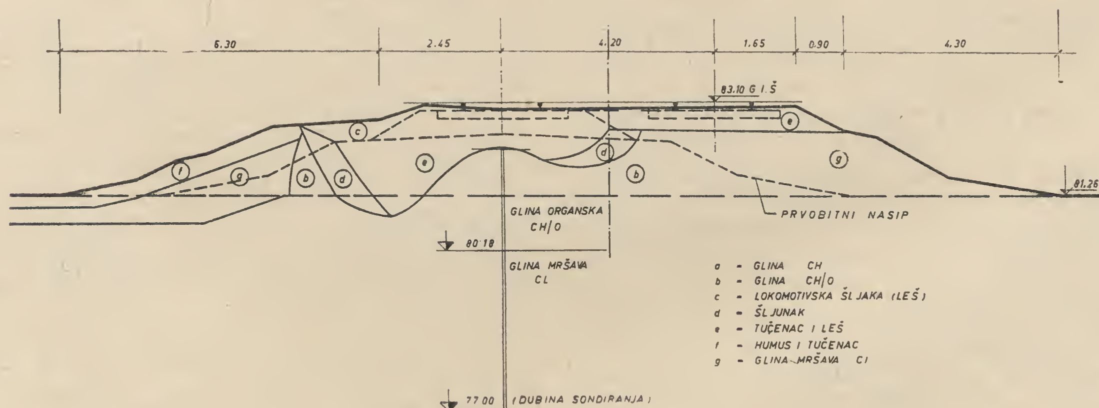
**B) Nasip kod Vrpolja (sl. 4)**

### Podloga nasipa

Sondiranjem je ustanovljeno da se podloga nasipa na tom potezu uglavnom sastoji od visoko- i srednje- plastičnih glina u teško gnječivom stanju. Opaženo je da se posmična čvrstoća gline u podlozi sa dubinom povećava od prosječno 1,8 t/m$^2$ neposredno ispod nasipa do oko 12 t/m$^2$ u dubini od 4 m ispod terena. Slijeganje nasipa uslijed konsolidacije podloge smatralo se da nije potrebno ispitati, jer zbog starosti i male visine nasipa ono ima danas svakako neznatan godišnji iznos.

U tri sondažna zasjeka koji su bili iskopani do osi nasipa na jače deformiranim mjestima naišlo se u lijevoj polovini nasipa na vrlo razvijene zastorne vreće, koje su sezale i do 70 cm u podlogu. One su bile ispunjene tučencem, šljunkom i šljakom, a razina vode u njima nađena je na površini planuma. Desna polovina nasipa nađena je u normalnom stanju. Rezultati snimanja profila jednog zasjeka prikazani su na sl. 4.

Kao i u prvom slučaju nađena je žitka zona gline uz zastorne vreće, dok je ostali dio glinovite jezgre nasipa bio u normalnom stanju. Posmična čvrstoća ustanovljeno je da se od 1,0 t/m$^2$ u žitkoj




Slika 4 — Nasip kod Vrplja, snimljeni profil u sondažnom zasjeku

Stabilitet normalnog presjeka nasipa i podloge bez zastornih vreća ispitan je po Felleniusu za kritične položaje kliznih ploha, maksimalno pokretno opterećenje na oba kolosjeka, te uz primjenu stvarno ustanovljeniih minimalnih vrijednosti posmične čvrstoće podloge $c = 1,8$ do $6,0$ t/m$^2$ (kod $\rho = 0$). Dobiveni faktori sigurnosti kretali su

kontaktnoj zoni brzo povećava do 2,7 t/m$^2$ sa udaljenosti i dubinom.

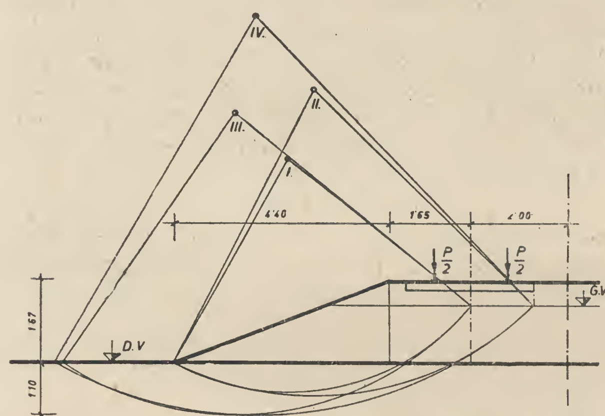
Po obliku zastornih vreća i rasporedu materijala u nasipu vidi se da je lijeva polovina nasipa ustvari stari prvobitni nasip, koji je dovršen prije 77 godina. Taj je prvi jednokolosječni nasip izveden od vrlo stišljive organske gline iz podloge. Na

planum od gline stavljen je sloj šljunka i na njega zastor od tučenca.

Slijeganje planuma nakon predavanja prometu mora da je bilo znatno, čemu je uzrok bila loša i slabo zbijena glina u nasipu, te primarna kompresija podloge nasipa. Zbog tog spuštanja kolosjek je stalno podbijan, te je planum brzo dobio niz uleknuća u kojima se zadržavala voda. U času izvedbe proširenja nasipa za desni kolosjek, dakle 50 godina kasnije, stanje je u starom nasipu bilo već vrlo loše. Zastorne vreće su mjestimično imale tada dimenzija kao danas u osi nasipa (sl. 4).

Kako je ustanovljeno ispitivanjem, desna polovina nasipa izvedena je od mršave gline, koja ne potiče sa lica mjesta. Taj dio je izveden solidno i do danas je ostao u netaknutom stanju. Uslijed novog nasipa, desna polovina zastornih vreća u starom nasipu nije se dalje mogla razvijati, dok se lijeva polovina razvijala i dalje, ušla u podlogu i uzrokovala istiskivanje materijala iz pokosa i podloge.

Ispitivanje stabiliteta nasipa sa razvijenim zastornim vrećama izvršeno je pomoću 4 karakteristične klizne plohe: dvije kroz nožicu nasipa, a dvije izvan (sl. 5). Oblik i smjer kliznih ploha odabran je tako, da prolaze djelomično kroz kontaktnu zonu uz vreće, a djelomično kroz glinu nasipa i podloge, jer se po položaju sloja šljunka (sl. 4) može zaključiti, da je smjer pokreta približno okomit na čeonu plohu toga sloja.




Slika 5 — Nasip kod Vrpolja, ispitane klizne plohe

Kod određivanja raspoložive posmične čvrstoće u kliznoj plohi uzeta je kod svakog slučaja u račun njena srednja vrijednost prema omjeru dužine klizne plohe u žitkoj zoni (c = 1,0 t/m²) i izvan nje (c = 1,8 t/m²), dok je za kut unutarnjeg trenja uzeto, da je jednak nuli, jer se radi o visoko plastičnoj glini i velikom udjelu prolaznog tereta. Uz gornje uslove dobiveni faktori sigurnosti prikazani su u tablici II.

Kako se vidi iz tablice II., faktori sigurnosti uz navedene pretpostavke nešto su veći od kritične vrijednosti. Razlog je tome vjerojatno taj, što stvarne klizne plohe nemaju oblik kružnice, nego se više prilagođuju toku žitke zone gline, pa im se raspoloživa posmična čvrstoća više približuje onoj u žitkoj zoni (c = 1,0). Izračunamo li faktore sigurnosti za iste klizne plohe uz $c_e$ = 1,0 t/m², dobivamo vrijednosti u tablici III.

**Tablica II. Faktori sigurnosti za nasip kod Vrpolja**

| Klizna ploha | Opterećenje | | | |
|---|---|---|---|---|
| | S ≠ 0 | | S = 0 | |
| | P ≠ 0 | P = 0 | P ≠ 0 | P = 0 |
| I ($c_e$ = 1,38) | 1,33 | 2,82 | 1,37 | 3,08 |
| II ($c_e$ = 1,45) | 1,16 | 2,84 | 1,23 | 3,37 |
| III ($c_e$ = 1,497) | 1,85 | 3,44 | 1,72 | 3,31 |
| IV ($c_e$ = 1,538) | 1,45 | 3,32 | 1,48 | 3,51 |

S = strujni tlak
P = pokretni teret
$c_e$ = srednje raspoloživa kohezija

**Tablica III. Faktor sigurnosti za nasip kod Vrpolja**
uz $c_e$ = 1,0

| Klizna ploha | Opterećenje | | | |
|---|---|---|---|---|
| | S ≠ 0 | | S = 0 | |
| | P ≠ 0 | P = 0 | P ≠ 0 | P = 0 |
| I | 0,96 | 2,04 | 0,99 | 2,23 |
| II | 0,80 | 1,96 | 0,85 | 2,32 |
| III | 1,23 | 2,30 | 1,15 | 2,21 |
| IV | 0,94 | 2,16 | 0,96 | 2,28 |

Vrijednosti u tablici III. možemo smatrati donjim granicama faktora sigurnosti, jer je uzeto da čitava klizna ploha prolazi kroz žitku zonu. Prema tome može se očekivati da će stvarno stanje biti negdje u tom intervalu, dakle faktor sigurnosti blizu jedan. Zbog male visine nasipa pokretni teret ima ovdje odlučujući utjecaj, dok strujni tlak tek neznatno utječe na stabilnost.

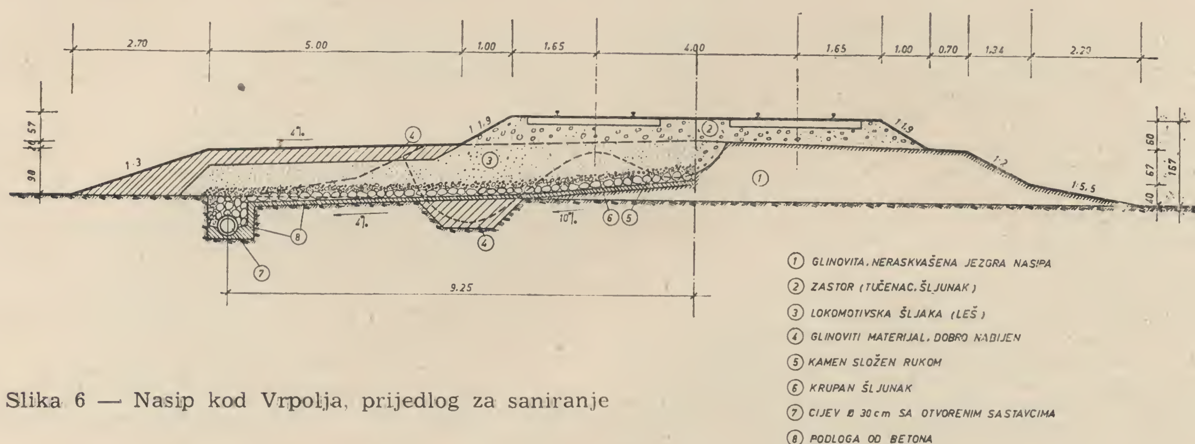
Klizni pokreti koji nastupaju kod prolaza težih vlakova i koji obuhvaćaju uglavnom područje zastornih vreća uzrokuju izdizanje tla uz nožicu nasipa. Time se stvaraju prirodne berme, koje, iako predstavljaju neku malu protutežu, ipak djeluju većinom nepovoljno, jer sprečavaju slobodan izlaz vodi iz nasipa.

### Prijedlozi za saniranje (sl. 6)

Kako nasip na ovom potezu prolazi niskim poplavnim terenom, koji je znatan dio godine pod usporom Bosuta, pojavio se u ovom slučaju problem odvođenja vode iz nasipa u pouzdani recipijent.

Zato su predložene dvije alternative za saniranje ovog nasipa. Prvi prijedlog se sastoji u djelomičnoj zamjeni materijala u zastornim vrećama u podlozi sa nabijenom ilovačom, te u izvedbi prokapnica na razmak od 5 m, koje odvode vodu u uzdužni cijevni kolektor. Čitav sistem prokapnica

pokriven je bermom od šljake sa pokrovom od ilovače. Ovaj sistem, iako bi u svakom slučaju znatno poboljšao postojeće stanje, doveo bi do potpunog efekta saniranja tek nakon rješenja od-




Slika 6 — Nasip kod Vrpolja, prijedlog za saniranje

vodnje čitavog okolnog terena. Drugi prijedlog za saniranje ovog poteza nasipa sastoji se u injektiranju cementnog morta u zastorne vreće.

### Zaključak

Iako su ova ispitivanja bila zasada premalenog opsega da bi mogla dati odgovor na sva pitanja o uzrocima i razvoju zastornih vreća u nasipima, ipak su ona barem dala uvid u stanje nasipa u času kada su deformacije već zauzele kritične razmjere. Da bi se dobilo potrebne podatke za istraživanje uzroka postanka zastornih vreća, trebalo bi izvršiti opsežan program daljnjih ispitivanja, koji bi uključio mjerenje pokreta nasipa prilikom prolaza vlakova u razna godišnja doba, zatim mjerenje debljine zastora, te uspoređivanje stanja jezgre nasipa na više normalnih i ugroženih presjeka nasipa. Također bi trebalo izvršiti ispitivanja i na novim nasipima, gdje je proces još u početku razvoja.

Međutim i sama dosadašnja analiza ipak je dala dosta jasnu sliku o djelovanju i kretanju zastornih vreća u nasipu. Oblik zastornih vreća, raspored materijala, te postojanje žitke klizne zone na opsegu vreće pokazuju, da vreće predstavljaju stalno latentno klizno tijelo u nasipu. Stvarni pokreti nastupaju samo za vrijeme prolaza teških vlakova, kada uslijed naglog povećanja opterećenja poraste porni tlak u žitkoj zoni gline, te se efektivni pritisak između čestica smanji na nulu, tako da jedini otpor smicanju preostaje sila kohezije u glini. Budući da su mali i kratkotrajni, ovi su pokreti jedva primjetljivi i očituju se s jedne strane u spuštanju planuma, a s druge strane u izbijanju zastornog materijala na pokosu kod viših nasipa, odnosno u podizanju podloge uz nožicu kod niskih nasipa.

U većini slučajeva stanje se može znatno popraviti izvedbom prokapnica, što je stara i poznata željeznička praksa, jer one brzo uklanjaju vodu iz zastornih vreća i nasipa, i tako se povećava posmična čvrstoća nasutog materijala. Ukoliko ova mjera nije moguća niti efikasna, treba pribjeći djelomičnom ili potpunom uklanjanju zastora iz trupa nasipa i podloge, bilo zamjenom sa nepropusnim dobro zbijenim zemljanim materijalom, bilo injektiranjem cementnim mortom.

Učestalost ovakvih pojava na starim i novijim željezničkim nasipima pokazuje, da nije suvišna primjena geomehaničkih principa prilikom izvedbe novih željezničkih nasipa od koherentnog materijala na stišljivoj podlozi. Nepravilna izvedba, t. j. nedovoljna pažnja prilikom ugradbe i sabijanja materijala u trupu nasipa, kao i nedovoljna debljina zastora, sve to mora svakako rezultirati prije ili kasnije u stvaranju zastornih vreća, koje gutaju velike količine skupog tučenca, a njihovo je saniranje redovito teško i nezgodno s obzirom na potrebu održavanja neprekidnog saobraćaja. Analiza ovakvih pojava sa geotehničkog stanovišta potrebna je i može dati korisne rezultate i smjernice za saniranje nasipa.

## *Iz društva građevinskih inženjera i tehničara N R Hrvatske*

# O POLAGANJU STRUČNIH ISPITA

Na traženje velikog broja kanditata za polaganje stručnih ispita građevinske struke dajemo nekoliko informacija dobivenih od Komisije za polaganje stručnih ispita i objavljujemo u izvodu glavnije točke iz Pravilnika i programa za polaganje stručnih ispita.

Stručni ispiti za zvanje mlađi građevinski inženjer, mlađi građevinski tehničar i viši građevinski tehničar polažu se prema Pravilniku o pripravničkoj službi, stručnim ispitima i kursevima za službenike građevinske struke (Službeni list FNRJ broj 19/1951).

U NR Hrvatskoj ispiti za zvanje mlađi građevinski tehničar polažu se kod Komisije za stručne ispite pri Srednjoj tehničkoj građevinskoj školi u Zagrebu (Klaićeva ulica broj 7), a za zvanje mlađi građevinski inženjer i viši građevinski tehničar kod Komisije za stručne ispite građevinske struke kod Državnog sekretarijata za poslove narodne privrede NR Hrvatske u Zagrebu (Katančićeva ulica broj 5).

Uslov za pristupanje stručnom ispitu za sva navedena zvanja je prethodna pripravnička služba.

Pripravnička služba za zvanje mlađi građevinski tehničar i mlađi građevinski inženjer traje dvije godine.

Stručni ispit za višeg građevinskog tehničara kandidat može polagati poslije 2 godine rada u zvanju građevinski tehničar, odnosno poslije deset godina ukupne prakse u svojoj struci.

Pod pripravničkom službom podrazumijeva se vrijeme koje kandidat treba da provede na odgovarajućim stručnim poslovima radi praktičnog obučavanja i stjecanja opće sposobnosti za vršenje poslova određenog zvanja.

Prema grani za koju se specijalizira, pripravnik mora pripravničku službu provesti na upoznavanju poslova jednog od slijedećih građevinskih smjerova: 1. arhitektonskog, 2. konstruktivnog, 3. saobraćajnog (putevi i željeznice) i 4. vodograđevnog.

Pripravnik je dužan da se u toku pripravničke službe upozna s praktičnom stranom poslova i problema za koje se tokom školovanja teoretski pripremao. Zbog toga pripravnik svoju pripravničku službu vrši u građevinskoj proizvodnji, od čega najmanje jednu godinu na građenju.

Događalo se da su se na ispit javljali i kandidati koji nisu proveli jednu godinu na građenju, pa ih komisije nisu mogle pripustiti ispitu. Ovo se naročito odnosi na građevinske inženjere i tehničare, koji su se odmah po završenom školovanju uposlili kod projektnih biroa i zavoda, a vršenje povremenog direktivnog (projektantskog) nadzora su smatrali kao praksu na građenju. Ovaj projektantski nadzor, međutim, sastojao se u većini slučajeva u povremenom dolaženju na gradnju na 1—2 sata radi davanja direktiva za ispravnu realizaciju koncepcije projekta, pa se takav nadzor ne može smatrati kao praksa na građenju.

Komisije su priznavale takve prakse samo u onim slučajevima kada su kandidati potvrdama dokazali da je nadzor bio permanantan, da se odvijao u svim fazama gradnje i u uskoj saradnji sa rukovodiocem radova izvođača i pretstavnicima investitora. Slično je postupljeno i sa onim kandidatima, koji su dokazivali potrebnu praksu na građenju kao nadzorni organi od strane investitora.

Što se tiče kandidata, koji su pripravničku službu proveli na radu u građevinskim poduzećima treba napomenuti, da iz potvrda o zaposlenju, koje im izdaju poduzeća, mora biti jasno vidljivo u kojem je svojstvu dotični radio u vrijeme za koje se izdaje potvrda i na kojem gradilištu.

Onim stručnjacima, koji su rukovodili režijskim poslovima kod raznih investitora i u NO-ima, ta praksa se u principu priznaje kao pripravnička služba na građenju.

Napominje se da se pripravnička služba računa od dana završetka školovanja, pa komisije ne će priznati praksu provedenu prije diplomiranja. To se odnosi na razne ferijalne prakse, javne radove Narodne omladine i na one inženjere, koji su završili tehničku srednju školu, pa kasnije nastavili školovanje na tehničkom fakultetu.

Prijave za polaganje stručnih ispita podnose se odgovarajućoj komisiji, i to prijavnicom u kojoj treba da budu navedeni slijedeći podaci:

1) za koje zvanje i koji smjer se ispit polaže;

2) generalije kandidata: prezime i ime, očevo ime, datum rođenja, mjesto, kotar i narodna republika gdje je kandidat rođen;

3) podaci o službi: u kojem poduzeću, ustanovi ili birou je kandidat zaposlen, poslovi koje obavlja, kao i ostali podaci o toku službovanja, te ukupno vrijeme službe od dana podnošenja prijave;

4) mišljenje nadležnog rukovodioca o stručnoj spremi kandidata i njegovom razvoju.

Ovoj prijavnici treba priložiti prepis diplome i uvjerenje o dosadašnjem službovanju i praksi.

Stručni ispiti se polažu u proljetnom i jesenjem roku.

**Stručni ispiti za zvanje mlađi građevinski inženjer**

Nakon što Komisija pregleda podnijete prijave i utvrdi da pojedini kandidat posjeduje sve uslove za pristupanje ispitu dostavit će mu ispitni zadatak za domaću pismenu radnju. Kandidat je dužan u roku od tri mjeseca dostaviti pismenu radnju Komisiji. Izuzetno se može kandidatu, koji iz opravdanih razloga bude spriječen da pismenu radnju preda u određenom roku, odobriti produženje. Odluku o produženju roka donosi predsjednik ispitne komisije na molbu kandidata. Molba mora biti obrazložena i predana prije isteka roka za predaju pismene radnje. Ovoj molbi treba priložiti potvrdu poduzeća ili ustanove u kojoj je kandidat zaposlen da su navodi u molbi istiniti i da je traženje produženja roka opravdano.

Za kandidata, koji ne preda domaći rad u predviđenom roku, smatrat će se, da je odustao od ispita. U ovom slučaju kandidat je dužan da se ponovo prijavi za ispit i traži novi ispitni zadatak.

Kada ispitivač pregleda i ocijeni domaću pismenu radnju kandidata, ispitna komisija će donijeti odluku o pripuštanju ili odbijanju kandidata od polaganja usmenog dijela stručnog ispita, o čemu pismenim putem obavještava kandidata i navodi raspored ispita, odnosno određeni dan ispita.

Ispitna komisija može odložiti polaganje usmenog ispita kandidatu, koji iz opravdanih razloga bude spriječen da ispit polaže onog dana, koji je rasporedom određen ili koji ispit mora prekinuti. Komisija će tom kondidatu odrediti novi rok.

Ako je kandidat odbijen od polaganja usmenog ispita, ima se ponovo prijaviti za polaganje ispita i dobiti novi ispitni zadatak za domaću pismenu radnju.

Ako ispitna komisija stekne uvjerenje da kandidat nije samostalno izradio svoj domaći rad, odbit će takvog kandidata od daljnjeg polaganja ispita do narednog ispitnog roka. Ako se ovo ponovi i prilikom idućeg polaganja, kandidat zauvijek gubi pravo polaganja stručnog ispita.

Na usmenom dijelu stručnog ispita kandidati za zvanje mlađi građevinski inženjer polažu slijedeće predmete:

I. **Arhitektonski smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Zgradarstvo i urbanizam
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi inženjerskih konstrukcija i statika
5. Tehničko-sanitarni uređaji gradova i naselja
6. Organizacija građenja
7. Privredni sistem i plan
8. Zakonodavstvo

II. **Konstruktivni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Inženjerske konstrukcije i statika
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi niskogradnje
5. Osnovi zgradarstva
6. Organizacija građenja
7. Privredni sistem i plan
8. Zakonodavstvo

III. **Saobraćajni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Putevi, željeznice i objekti
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi inženjerskih konstrukcija i statika
5. Osnovi zgradarstva
6. Osnovi hidrotehnike
7. Organizacija građenja
8. Privredni sistem i plan
9. Zakonodavstvo

IV. **Vodograđevni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Vodogradnja, hidraulika
3. Građevinski materijal i mašine
4. Inženjerske konstrukcije i statika
5. Osnovno o zgradarstvu
6. Osnovno o saobraćajnicama
7. Organizacija građenja
8. Privredni sistem i plan
9. Zakonodavstvo

Pitanja po gore navedenim predmetima usmjeruju se uglavnom prema zadatku koji su kandidati imali za domaću pismenu radnju i prema djelatnosti kandidata u njihovoj praksi odnosno specijalizaciji.

Ispitivanje materije užeg stručnog dijela veže se s pismenim zadatkom kandidata tako, da on na ispitu pokaže svoje znanje stečeno u praksi i u kojoj je mjeri radom u praksi produbio teoretsko znanje dobiveno za vrijeme školovanja.

Na usmenim ispitima u posljednjim godinama među kandidatima koji nisu zadovoljili najviše je onih, koji su pokazali neuspjeh u predmetima: građevinski materijal i mašine ,organizacija građenja, zatim u predmetima privredni sistem i plan, te zakonodavstvo.

Zato ćemo navesti najosnovnije što se na usmenom ispitu traži od kandidata iz ovih predmeta.

**Građevinski materijal i mašine:** Poznavanje materijala, izvori nabave, obrada. Ispitivanje materijala na gradilištima i u laboratorijama. Poznavanje i ispitivanje gotovih građevinskih konstrukcija sa poznavanjem načina ispitivanja i potrebnih instrumenata za to ispitivanje. Poznavanje mogućnosti montažnog građenja pojedinih vrsta konstrukcija.

Poznavanje alata i mašina u građevinarstvu. Ručni alat: zidarski, tesarski, kamenorezački, gipsarski, stolarski i t. d. Vrste i sistem rada građevinskih mašina, betonske miješalice, drobilice za kamen, valjci, kompresori, pumpe, vibratori, pervibratori, buldozeri, transportne mašine, dizalice i t. d.

**Organizacija građenja:** Organizacija gradilišta i izrada šema organizacije. Organizacija izvođenja pojedinih radova. Vanjski i unutrašnji transport. Planiranje uopće i operativno planiranje: radova, radne snage, mehanizacije, materijala, transporta i financijskih sredstava. Izrada osnovnih operativnih planova. Normiranje i primjena normi. Evidentiranje. Izrada predmjera i predračuna. Vođenje građevinskog dnevnika i knjige. Sastav situacija za isplatu radova i uopće građevinsko poslovanje. Higijensko-tehnička zaštita rada na gradilištima.

**Privredni sistem i plan:** Poznavanje ekonomskih osnova našeg privrednog sistema, privrednog planiranja i propisa u vezi sa ekonomikom i planiranjem u građevinarstvu.

**Zakonodavstvo:** Principi Ustava FNRJ. Organizacija resora građevinarstva. Zakon o narodnim odborima. Zakon o državnim službenicima. Zakon o socijalnom osiguranju. Zakon o državnim privrednim poduzećima. Uredba o građenju. Uredba o građevinskom projektiranju. Uredba o građevinskim poduzećima. Uredba o kolaudaciji i superkolaudaciji. Uredba o izdavanju radova na izvođenje putem javnog nadmetanja. Uredba o zaštiti javnih puteva. Pravilnik o izdavanju građevinske dozvole. Pravilnik o tehničkom pregledu izvedenih građevinskih objekata. Pravilnik o ovlaštenim projektantima za građevinsko projektiranje. Pravilnik o stručnoj spremi odgovornih rukovodilaca radova za pojedine vrste građevinskih objekata i radova.

Ispitivač iz ovog predmeta postavlja pitanja iz navedenih i drugih propisa iz oblasti građevinarstva uzimajući u obzir sadašnje zaposlenje kandidata odnosno njegov budući razvoj u pojedinoj specijalnosti.

Po završenom usmenom ispitu komisija određuje uspjeh pojedinog kandidata prema ocjeni domaće pismene radnje i odgovora na pojedina pitanja na usmenom ispitu.

Ako kandidat bude ocijenjen ocjenom »nije položio«, ispitna komisija će odlučiti da li će kandidat polagati ponovo cijeli stručni ispit, cijeli usmeni ispit, grupu predmeta usmenog ispita ili samo pojedine predmete. Isto tako komisija određuje u kojem roku kandidat ima polagati ponovni ispit ili popravni ispit iz pojedinih predmeta.

Ispit se može polagati najviše tri puta u uzastopnim ispitnim rokovima.

Kandidat koji položi ispit dobiva od ispitne komisije svjedodžbu o položenom stručnom ispitu.

Radi pripremanja stručnog ispita kandidatu se može odobriti plaćeni dopust u trajanju od 20 dana. Kandidatu koji ispit polaže prvi put pripadaju dnevnice i pravo na naknadu putnih troškova od mjesta službovanja do sjedišta ispitne komisije.

**Stručni ispit za zvanje viši građevinski tehničar**

Stručni ispit za zvanje viši građevinski tehničar polaže se iz arhitektonskog, konstruktivnog, saobraćajnog (putevi i željeznice) i vodograđevnog smjera.

U pogledu prijave za polaganje stručnog ispita, mjesta polaganja, rokova i načina polaganja uslovi koji su u početku navedeni za zvanje mlađi građevinski inženjer primjenjuju se i za zvanje viši građevinski tehničar. Jedina je razlika u tome, što je rok za izradu domaćeg pismenog rada kraći — dva (a ne tri) mjeseca.

Na usmenom dijelu stručnog ispita kandidati za ovo zvanje polažu slijedeće predmete:

I. **Arhitektonski smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Zgradarstvo
3. Građevinski materijal i mašine
4. Tehničko-sanitarne instalacije
5. Osnovno o inženjerskim konstrukcijama i statika
6. Osnovi geodezije
7. Organizacija građenja
8. Zakonodavstvo

II. **Konstruktivni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Inženjerske konstrukcije i statika
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi niskogradnje i geodezija
5. Osnovi zgradarstva
6. Organizacija građenja
7. Zakonodavstvo

III. **Saobraćajni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Putevi, objekti i geodezija
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi inženjerskih konstrukcija
5. Osnovi zgradarstva
6. Osnovi hidrotehnike
7. Organizacija građenja
8. Zakonodavstvo

IV. **Vodograđevni smjer**
1. Obrazloženje domaćeg rada
2. Vodogradnje, hidraulika
3. Građevinski materijal i mašine
4. Osnovi inženjerskih konstrukcija
5. Osnovi saobraćajnica i geodezija
6. Osnovi zgradarstva
7. Organizacija građenja
8. Zakonodavstvo

Navest ćemo što se uglavnom od kandidata traži na usmenom ispitu po navedenim predmetima:

**Arhitektonski smjer:**

1. Obrazloženje i obrana domaćeg rada. U obzir dolazi poznavanje šire lokacije (u odnosu na sirovinsku bazu, električnu energiju. raspodjelu proizvoda), zatim snabdijevanje vodom, odvodnjavanje i t. d.

2. Poznavanje vrsta i karakteristika zgrada (stambene, društvene, industrijske — privredne). Poznavanje današnje smjernice arhitektonskog stvaralaštva.

3. Poznavanje arhitektonskih konstrukcija (i detalja u tim konstrukcijama), zemljanih radova. Poznavanje zidanih, drvenih, betonskih i armirano-betonskih, čeličnih konstruktivnih sistema u arhitekturi, te raznih zanatskih radova.

4. Poznavanje i ispitivanje građevinskog materijala. Vrste, dobivanje, primjena u građevinarstvu i obrada (kamen, drvo, metali, glineni proizvodi, veziva i drugi materijali, kao: asfalt, staklo i t. d.).

5. Poznavanje građevinskog alata i mašina. Ručni alat za zidare, tesare, kamenoresce, gipsare, bojadisare, ličilce, keramičare, pećare i dr.

6. Poznavanje tehničko-sanitarnih instalacija: kanalizacije za zgrade i naselja, septičke i biološke jame, cisterne, rezervoari, pumpe i hidrofori, instalacije tople i hladne vode u zgradi, osnovi grijanja, ventilacije i klimatizacije, grijanje naselja, parne kuhinje i praonice, uređenje javnih kupatila i plivališta, osvjetljavanje prostorija, signalizacije, termička struja.

7. Rukovanje i snimanje geodetskim instrumentima, iskolčavanje zgrada.

8. Organizacija gradilišta: vrijedi isto što je navedeno kod ispita za zvanje mlađi građevinski inženjer.

9. Zakonodavstvo: vrijedi isto što je navedeno kod ispita za zvanje mlađi građevni inženjer.

**Konstruktivni smjer:**

1. Obrazloženje pismenog rada, iz koga će se vidjeti čime se kandidat rukovodio pri njegovoj izradi.

2. Poznavanje prostih konstrukcija od drveta, kamena, betona, armiranog betona i čelika za arhitektonske i inženjerske građevine i statički određenih sistema u pogledu projektiranja, a naročito u pogledu izvođenja, kao na primjer: propusti, manji do srednji mostovi na putevima i željeznicama, zgrade jednostavnijih konstrukcija (skladišta, radionice, garaže, stambene zgrade i dr.).

3. Osnovno o putevima, željeznicama i vodogradnji.

4. Osnovno o poznavanju zemljišta sa fundiranjem.

5. Poznavanje građevinskog materijala, alata i mašina za izradu konstrukcija. Ispitivanje građevinskog materijala.

6. Poznavanje geodezije, geodetskih instrumenata i pribora i rukovanje sa njima pri obilježavanju i snimanju građevinskih objekata.

7. Poznavanje normi i tipskih konstrukcija.

8. Organizacija gradilišta: isto što je navedeno za arhitektonski smjer.

9. Zakonodavstvo: isto što je navedeno kod ispita za zvanje mlađi građevni inženjer.

**Saobraćajni smjer**

Ceste

1. Obrazloženje domaćeg rada, gdje kandidat treba da objasni opravdanost usvojenog rješenja, načina rada i organizacije gradilišta.

2. Putevi — trasiranje i povlačenje varijanata kako na karti, tako i na terenu. Elementi trase, podužni i poprečni profili puta i ulice. Slobodni profil puta. Horizontalne i vertikalne krivine na putu. Osiguranje trupa puta. Donji stroj cesta — izvršenje zemljanih radova ručno i strojevima. Poznavanje općih pojmova iz mehanike tla i fundiranja. Gornji stroj. Vrste kolovoza, njihove odlike i načini građenja. Građevinski materijal za ceste i ulice, osobine i načini ispitivanja.

Eksploatacija, održavanje i rekonstrukcije cesta. Signaliziranje i osiguranje saobraćaja na cestama.

Objekti na cestama: mostovi ,tuneli, propusti, potporni i obložni zidovi i dr.

3. Putno zakonodavstvo, propisi, uslovi i norme za ceste.

4. Organizacija gradilišta: isto kao i za ostale smjerove.

5. Zakonodavstvo: isto kao i kod ispita za zvanje mlađi građevinski inženjer.

Željeznice

1. Obrazloženje rješenja u domaćem radu, gdje kandidat treba da dokaže opravdanost i ekonomičnost usvojenih rješenja i predviđenog načina rada, kao i da izloži i karakteristike odbačenih varijanti i razloge odbacivanja.

2. Poznavanje karata. Prethodno tehničko proučavanje na kartama i na terenu. Povlačenje trase na kartama i prenošenje na teren. Elementi trase u položajnom nacrtu i uzdužnom profilu.

Vučne sile lokomotive i otpori kretanja vlaka. Ublažavanje uspona u tunelima i krivinama. Izrada idejnog i glavnog projekta. Prethodni i pripremni radovi na građenju željezničkih pruga. Načini izvođenja na gradilištu.

3. Izvršenje zemljanih radova ručno i mašinski. Metode izvršenja. Raspored zemljanih masa i transport. Poznavanje općih pojmova iz mehanike tla i fundiranja. Uzroci deformiranja zemljanog trupa i klizanja zemljanih masa. Načini saniranja. Radovi osiguranja korekcija vodotoka.

4. Izrada objekata. Izbor materijala. Organizacija rada. Projektiranje propusta. Projektiranje manjih zgrada.

5. Elementi trase za pristupne ceste. Gornji stroj kod cesta. Vrste kolovoza, njihove odlike i način građenja. Građevinski materijal za ceste.

6. Gornji stroj željeznica. Elementi gornjeg stroja. Tipovi kolosjeka. Polaganje kolosjeka i skretnica. Uređenje kolosjeka u pravcu i krivini. Kolosjek na mostovima, putnim prelazima i u tunelima. Mane i kvarovi na kolosjeku i njihovi uzroci. Radovi održavanja. Signalna postrojenja, organizacija saobraćajne

službe. Zaštita ugroženog mjesta i radova na pruzi. Vrste stanica. Stanični uređaj. Slobodni i tovarni profili. Radni procesi stanica.

7. Podjela tunela po namjeni, tipovi prema vrsti i strukturi terena. Radni program građenja. Obilježavanje tunela. Metoda rada i način razrađivanja. Održavanje tunela.

8. Željezničko zakonodavstvo, propisi, uslovi i norme.

9. Organizacija građenja: isto što je rečeno i za ostale smjerove.

10. Zakonodavstvo: isto što je navedeno kod ispita za zvanje mlađi građevinski inženjer.

**Vodograđevni smjer:**

1. Obrazloženje i obrana domaćeg rada sa tehničke, vodoprivredne i ekonomske strane.

2. Osnovi iz zakona i metoda teorijske primijenjene hidraulike. Prikupljanje i detaljna obrada hidroloških i meteoroloških podataka. Snimanje riječnih tokova. Katastri vode. Glavne karakteristike režima vode. Vodoprivredne osnove i rješenja. Projektiranje u sklopu vodoprivrednih sistema.

3. Ispitivanje zemljišta, fundiranje hidrotehničkih objekata i poznavanje materijala. Poznavanje propisa o nosivosti zemljišta. Klizišta i njihovo saniranje. Razni načini fundiranja hidrotehničkih objekata s obzirom na vrstu zemljišta. Pripremni radovi za fundiranje. Izrada nasipa za obranu od poplava i nasute brane. Osnovi inženjerskih geoloških ispitivanja.

Poznavanje građevinskih i izolacionih materijala za hidrotehničke radove, njihove osobine, upotreba, proizvodnja i propisi.

4. Iskorištenje vodnih snaga i hidrotehničke konstrukcije. Vrste hidropostrojenja. Protočne, akumulacione i kombinirane hidroelektrane. Zahvat vode, dovodni i odvodni organi, vodostani, zgrade. Vrste i karakteristike vodnih turbina i crpki.

Hidrotehničke konstrukcije: brane, ustave sa i bez mehanizma, brodske ustave, taložnice, kanali i tuneli, njihova namjena, vrsta i dimenzioniranje. Vrste cijevi i armature. Tipovi vodojaža od kamena, betona i zemlje. Pristanišni kejovi i obaloutvrde na rijekama, kanalima i moru.

5. Melioracije zemljišta, regulacije rijeka, plovni putevi i pristaništa. Vrste zemljišta i njihov odnos prema vodi. Uzajamne veze i utjecaji između biljke, tla, vode, toplote i svjetlosti.

Obrana od poplave: dimenzioniranje, izgradnja i održavanje obrambenih nasipa, izrada obloga i jezgra, obrambeni šumski pojasevi, metode obrane od poplave i organizacija iste.

Odvodnjavanje: gravitaciono, crpljenjem i drenažom. Dimenzioniranje, iskop i održavanje odvodnih drenažnih kanala. Kretanje zemljanih masa. Crpna postrojenja, njihovi elementi, pomoćni uređaji, pogon i održavanje. Ustave za ispuštanje voda i sifoni. Navodnjavanje: potrebna količina vode (hidromodul), kvalitet vode, razni načini navodnjavanja i organizacija navodnjavanja, utjecaj navodnjavanja na režim podzemnih voda.

Građevine za funkcioniranje i održavanje melioracionih sistema: crpne stanice, čuvarnice, magazini, stambene i ostale zgrade. Organizacija vodoprivredne službe, službe obrane od poplava, službe odvodnjavanja i navodnjavanja.

Regulacija vodnih tokova. Svrha regulacije: zaštita priobalnih zemljišta, odvodnjavanje, navodnjavanje, opskrba vodom, plovidba i splavarenje. Način regulacije: retenzije, akumulacije i uređenje korita. Regulacione građevine, njihovi elementi, materijal za te građevine i način njihove ugradnje.

Plovni kanali i pristaništa: dimenzije poprečnih profila, dozvoljene brzine, kejovi i pristanišni uređaji. Veza pristaništa sa ostalim saobraćajnicama.

Osnovi uređenja bujica i radovi na konzervaciji tla.

6. Snabdijevanje vodom i kanalizacija naselja. Fizičke, kemijske i bakteriološke osobine vode za piće i norme za potrošnju. Kaptiranje vode: izvorske, podzemne, riječne i meteorske. Metode za prečišćavanje vode za piće i otpadnih voda. Filteri. Instalacije vodovoda i kanalizacije u zgradama i na gradilištu. Kaptiranje i uređenje termalnih i mineralnih vrela. Kanalizacioni sistemi. Hidraulični proračun i dimenzioniranje mreže za vodovod i kanalizaciju. Vrste i osobine vodovodnih i kanalizacionih cijevi kao i cijevi za termalne i mineralne vode. Montaža cijevi. Održavanje vodovodne i kanalizacione mreže. Tipovi rezervoara, njihova konstrukcija i uloga. Hidrofori. Principi i norme za projektiranje vodovodnih i kanalizacionih instalacija i objekata. Opskrba vodom gradilišta (bunari, crpke, cisterne). Projektiranje septičkih jama.

7. Beton i betonske konstrukcije. Osnovi iz teorije tehnologije armiranog i nabijenog betona. Izrada probnih tijela i kontrola betona u laboratoriju i na gradilištu. Objekti od betona: rezervoari, kanali, cijevni propusti, kaptažne građevine, brane i vodojaže.

8. Poznavanje potrebnih geodetskih operacija pri snimanju vodotoka, pojedinih područja, pri obilježavanju objekata i pri izvođenju hidrotehničkih objekata. Rektifikacija instrumenata i pribora.

9. Organizacija građenja: isto što je navedeno i za ostale smjerove istog zvanja.

10. Zakonodavstvo: isto što je navedeno kod ispita za zvanje mlađi građevinski inženjer.

**Program stručnog ispita za zvanje mlađi građevinski tehničar**

Pripravnici za mlađeg građevinskog tehničara obrađuju zadatak za pismeni rad pod kontrolom članova ispitne komisije.

Obrada zadatka za pismeni rad traje najviše pet dana po 8 sati dnevno.

Ispitna komisija saopćava kandidatu pismeni zadatak na dan početka ispita.

Izrađeni pismeni zadatak pregledaju pojedini članovi ispitne komisije, ocijene i daju mišljenje da li se kandidat može pripustiti usmenom ispitu ili ne.

Na osnovu ovog mišljenja ispitna komisija donosi odluku o pripuštanju ili odbijanju kandidata od polaganja usmenog dijela stručnog ispita.

Smatra se da je kandidat koji ne preda zadatak odustao od ispita i on je dužan ponovno se prijaviti za ispit i dobiti nov zadatak za pismeni rad.

Ispitna komisija može kandidatu odložiti obradu zadatka, ako isti iz opravdanih razloga bude spriječen da ispit polaže onog dana, koji je rasporedom određen ili ako obradu zadatka mora da prekine.

Stručni ispit za mlađe građevinske tehničare polaže se iz arhitektonskog, konstruktivnog, saobraćajnog (ceste i željeznice) i vodograđevnog smjera, a sastoji se iz pismenog i usmenog dijela.

1. **Arhitektonski smjer**

a) Pismeni rad

Pismeni rad obuhvaća:

1. Razradu nacrta glavnog projekta u mjerilu 1 : 100 prema odobrenom idejnom projektu za arhitektonski objekat manjeg obima. Izbor vrste objekata vrši se prema užoj djelatnosti i dotadašnjoj praksi kandidata. U obzir dolaze: društvene, stambene i industrijsko-privredne zgrade. Obavezan prilog perspektivni izgled.

2. Izradu statičkog računa jednostavnih armiranobetonskih konstrukcija za dio projekta iz toč. 1 sa izradom detalja armature i specifikacijom materijala.

3. Izradu izvjesnih arhitektonskih i konstruktivnih detalja i polirskih nacrta za cio projekat iz toč. 1.

4. Izradu projekta vodovoda i kanalizacije sa specifikacijom materijala za projekat iz točke 1.

5. Izradu predmjera sa analizom materijala i radne snage za projekat iz toč. 1, sa izradom organizacionog plana gradilišta ili nekog građevinskog procesa.

6. Tehnički opis.

b) Usmeni ispit

Usmeni ispit obuhvaća:

1. Obranu pismenog rada.

2. Poznavanje arhitektonskih konstrukcija: zemljani radovi, fundiranje, horizontalni nosivi elementi kao: međuspratne stropne konstrukcije, svodovi i dr.; krovne konstrukcije — drvene, čelične, armirano-betonske; stepeništa i stepenice; pokrivački radovi; podovi; ostali zanatski radovi kao: limarski, stolarski, bravarski, keramičarski, kameno-rezački, gipsarski, staklorezački i drugi.

3. Poznavanje građevinskog materijala (poznavanje raznih vrsta građevinskih materijala, dobivanje, osobine i primjena; kamen, glineni proizvodi, pečeni i nepečeni, veziva i žbuke, cementni i cementno-azbestni i gipsani proizvodi, beton i armirani beton, drvo, metali i legure, razni materijali kao staklo, asfaltno-bitumenski proizvodi, bojeni premazi i dr.).

4. Poznavanje građevinskog alata i mašina (poznavanje ručnog alata svih zanata i radova na građevini, kao: kopača, minera, zidara, tesara, kamenorezača, gipsera, keramičara i dr.; građevinske mašine, kao: drobilice, miješalice za mort i beton, vibratori i pervibratori, dizalice i dr.; osnovni pojmovi o mašinama za zemljane radove).

5. Poznavanje elemenata statike arhitektonskih konstrukcija i jednostavnih konstrukcija od armiranog betona.

6. Poznavanje geodetskog pribora i instrumenata i njihove primjene kod izvođenja zgrade.

7. Poznavanje vrsta i karakteristika zgrada — stambenih, društvenih, industrijskih, privrednih — sa naročitim osvrtom na razvoj arhitekture od postanka do danas. Današnje smjernice arhitektonskog stvaralaštva. Osnovni pojmovi o tipizaciji, standardizaciji zgrada.

8. Poznavanje praktične primjene instalacija vodovoda, kanalizacije i osnovnih pojmova o vrstama grijanja, ventilacija, električnih instalacija.

9. Organizacija gradilišta. Premjer i prijem izvršenih radova. Građevinsko poslovanje: vođenje građevinske knjige i dnevnika, sastavljanje isplatnih lista, sastavljanje situacija i drugo. Dužnosti rukovodioca i nadzornih organa. Klasifikacija radnika i ugovori sa radnicima. Planiranje i evidentiranje. Norme i njihova primjena. Sanitarne i sigurnosne mjere i higijensko-tehnički propisi na gradilištu.

10. Osnovne odredbe Ustava FNRJ. Osnovno iz Zakona o narodnim odborima. Osnovno iz službeničkog i radnog zakonodavstva (Zakon o državnim službenicima, Zakon o socijalnom osiguranju). Osnovno o Zakonu o privrednim poduzećima. Osnovno iz uredaba, pravilnika i drugih propisa iz građevinske struke. Ekonomski i tehnički propisi, koji se odnose na smjer iz koga kandidat polaže ispit.

**Napomena:** Prednji pregled služi instruktivno za kandidate s tim, da se pitanja sastavljaju u vezi praktične primjene teorijskog znanja u grani u kojoj je kandidat radio za vrijeme pripravničkog staža.

### 2. Konstruktivni smjer

a) Pismeni rad

Pismeni rad obuhvaća:

1. Razradu nacrta glavnog projekta u zadanom razmjeru prema idejnom projektu iz konstrukcija od kamena ,drveta, betona, armiranog betona i čelika, primijenjenih kod manjih mostova ili industrijskih, hidrotehničkih i drugih konstrukcija manjeg obima — na osnovu podataka za rješenje zadatka.

2. Izradu statičkog računa iz toč. 1.

3. Izradu izvjesnih konstruktivnih detalja iz toč. 1.

4. Izradu predmjera sa analizom materijala i radne snage za projekat iz toč. 1, kao i izradu organizacionog plana gradilišta ili nekog građevinskog procesa.

5. Tehnički opis.

b) Usmeni ispit

Usmeni ispit obuhvaća:

1. Obrazloženje pismenog rada.

2. Poznavanje prostih konstrukcija od drveta, kamena, čelika, betona i armiranog betona za arhitektonske i inženjerske građevine manjeg obima i statički određenog sistema, kako u pogledu projektiranja, tako i u pogledu izvođenja, kao na pr.: propusti i mali mostovi na putevima i željeznicama, manje zgrade jednostavnije konstrukcije (magazini, radionice, zgrade za stanovanje i dr.).

3. Osnovno o putevima, željeznicama i vodogradnji.

4. Poznavanje građevinskog materijala, alata i mašina za izradu konstrukcija iz toč. 2.

5. Poznavanje geodezije, geodetskih instrumenata i pribora i rukovanje s njima pri obilježavanju i snimanju građevinskih objekata.

6. Organizacija gradilišta: vrijedi isto što je navedeno za arhitektonski smjer u toč. 9.

7. Zakonodavstvo: vrijedi isto što je navedeno za arhitektonski smjer u toč. 10.

### 3. Saobraćajni smjer

A) CESTE

a) Pismeni rad

Pismeni rad obuhvaća:

Izradu općih i detaljnih nacrta za građenje ili rekonstrukciju manje ceste, a prema zadatku koji treba da sadrži naše konkretne probleme, kao i podatke za njegovo rješnje.

Zadatak treba da sadrži opće rješenje, kao i detalje jednog poteza i to: uzdužne i poprečne profile, situaciju, izjednačenje zemljanih masa, organizacioni plan gradilišta, kao i tehnički izvještaj.

b) Usmeni ispit

Usmeni ispit obuhvaća:

1. Obrazloženje pismenog rada, iz koga će se vidjeti opravdanost usvojenog rješenja i primijenjenih konstrukcija.

2. Poznavanje izvršenja zemljanih radova, ispitivanje tla i način ispitivanja. Vrste tla. Transport materijala. Donji stroj cesta. Uopće o vozilima. Otpori kretanja. Trasiranje. Eksproprijacija. Izrada projekta. Gornji stroj. O kolovozima i njihovoj podjeli. Uzdužni i poprečni nagibi. Krivine. Normalni profil puteva. Ulice u naseljima. Sporedni uređaji na putevima. Međunarodni znaci, signali i oznake. Održavanje puteva i važnost održavanja. Štetan uticaj vode. Tuneli na putevima.

3. Poznavanje građevinskog materijala, alata i mašina.

4. Poznavanje geodetskog pribora i instrumenata i rukovanje s njima pri trasiranju i pri obilježavanju i snimanju građevinskih objekata.

5. Osnovi statike i armiranog betona.

6. Osnovno o elementima zgrada.

7. Osnovno o propustima, mostovima i vodogradnji s naročitim osvrtom na bujice.

8. Organizacija gradilišta i zakonodavstvo: isto što je navedeno u toč. 6. i 7. za konstruktivni smjer.

B) ŽELJEZNICE

a) Pismeni rad

Pismeni rad obuhvaća izradu elaborata za građenje ili rekonstrukciju manjeg dijela željezničke pruge. Što će obuhvatiti ovaj elaborat određuje se zadatkom, no

to može biti dio idejnog (generalnog) ili glavnog (detaljnog) projekta pruge, a pored toga i organizacioni plan gradilišta.

Podatke za rješenje zadatka daje kandidatu predsjednik komisije.

b) Usmeni ispit

1. Obrazloženje pismenog rada, kao i dokaz pravilnosti datih rješenja i primijenjenih konstrukcija.

2. Radovi na terenu i u kabinetu pri izradi idejnog (generalnog) i glavnog (detaljnog) projekta. Prethodni i pripremni radovi na građenju željezničkih pruga. Uzdužni i poprečni nagib. Krivine prema vrsti pruge. Zemljani radovi. Vrste materijala i transporta. Ispitivanje tla. Donji stroj željeznica i njegovo izvođenje. Radovi osiguranja. Potporni i obložni zidovi, tarac, drenaže. Elementi gornjeg stroja željeznica. Tipovi tračnica. Oprema, alat i mašine za gornji stroj. Polaganje, podbijanje i reguliranje kolosjeka u pravcu i u krivini. Glavne mane i kvarovi kolosjeka. Redovno održavanje kolosjeka. Osiguranje pruga od snijega i vjetra. Osnovni pojmovi o stanicama. Signali na stanicama i na otvorenoj pruzi. Oprema pruge.

3. Poznavanje građevinskog materijala, alata i mašina za građenje i održavanje željezničkih pruga i objekata na njima.

4. Poznavanje geodetskog pribora i instrumenata i rukovanje s njima pri trasiranju i pri obilježavanju i snimanju građevinskih objekata.

5. Osnovi statike i armiranog betona.

6. Osnovno o elementima zgrada.

7. Osnovno o propustima, mostovima, putevima i vodogradnji.

8. Organizacija gradilišta i zakonodavstvo: isto što je navedno pod toč. 6. i 7. za konstruktivni smjer.

**Napomena:** Pitanja se sastavljaju u vezi praktične primjene teorijskog znanja u grani u kojoj je kandidat radio za vrijeme pripravničkog staža.

### 4. Vodograđevni smjer

a) Pismeni rad

Pismeni rad obuhvaća izradu manjeg projekta iz one hidrotehničke grane u kojoj je kandidat proveo pripravnički staž, kao i plan organizacije gradilišta, na primjer: iz tehničkih melioracija zemljišta, reguliranja vodnih tokova i odbrane od poplave (lokalne melioracije); iz snabdijevanja vodom za piće; seoski ili kućni vodovodi, javne česme i kaptaža izvora; iz kanalizacije naselja; kućne kanalizacije; iz korišćenja vodnih tokova: male hidroelektrane; iz pomorskog i riječnog saobraćaja: uređenje malih luka i kejova; iz kaptiranja termalnih i mineralnih vrela.

b) Usmeni ispit

Usmeni ispit obuhvaća:

1. Obrazloženje i odbranu pismenog rada.

2. Poznavanje osnovnih metoda primijenjene hidraulike. Računanje srednjaka, trajnosti i učestanosti vodostaja, određivanje karakterističnih vodostaja. Obrada padavina, temperatura, isparavanja i vjetrova. Postavljanje vodomjernih stanica i postaja za osmatranje podzemnih voda. Snimanje poprečnih i uzdužnih profila riječnih tokova. Mjerenje protoka vode plovcima, hidrometrijskim krilom i pomoću raznih preliva. Uzimanje vode za kemijsku i bakteriološku analizu.

3. Ispitivanje tla, fundiranje hidrotehničkih objekata i poznavanje materijala. Bušenje i uzimanje uzoraka za ispitivanje zemljišta. Poznavanje propisa o nosivosti zemljišta. Karakteristika ručeva i klizališta. Razni načini fundiranja hidrotehničkih objekata s obzirom na vrstu zemljišta. Poznavanje građevinskog i izolacionog materijala za hidrotehničke radove (cementi, šljunak, pijesak, drvo. asfalt, bitumen i dr.).

4. Iskorišćivanje vodenih snaga i hidrotehničke konstrukcije. Vrste hidropostrojenja, njihovi elementi i materijal za njihovu izgradnju. Tipovi kaptaža vode za piće, termalnih i mineralnih vrela. Namjena i vrste raznih hidrotehničkih konstrukcija: brane, ustave (sa i bez mehanizma), kanali, tuneli, prelivi, brodske ustave. Pristanišni kejovi i obaloutvrde na rijekama, kanalima i na moru.

5. Melioracije zemljišta, regulacija rijeka, plovni putevi i pristaništa. Vrste zemljišta i njihov odnos prema vodi. Odbrana od poplave: dimenzioniranje, izgradnja i održavanje obrambenih nasipa, izrada obloga i jezgra, odbrambeni šumski pojasevi, metode odbrane od poplave i organizacija iste, alat i materijal za odbranu od poplave i proizvodnja istog.

Odvodnjavanje: gravitaciono ili crpljenjem. Dimenziranje, iskop i održavanje odvodnih kanala. Crpna postrojenja: njihovi elementi, pomoćni uređaji, pogon i održavanje. Ustave i sifoni.

Navodnjavanje: potrebna količina vode (hidromodul), kvalitet vode, odnos bilja prema vodi, razni načini navodnjavanja i organizacija navodnjavanja, prema podzemnoj vodi (zabarivanje i slatine).

Objekti za održavanje melioracionih sistema (čuvarnice, magazini i ostale potrebne zgrade).

Organizacija vodoprivredne službe, službe za odbranu od poplave, službe odvodnjavanja i navodnjavanja, vodnih zadruga.

Regulacija vodnih tokova: svrha regulacije (zaštita priobalnih zemljišta, odvodnjavanje, navodnjavanje i plovidba). Načini regulacija: retenzije, akumulacije i osiguranje korita. Regulacione građevine, njihovi elementi, materijal za te građevine i način njegove ugradnje.

Plovni kanali i pristaništa: dimenzije poprečnih profila, dozvoljene brzine, kejovi, ustave i pristanišni uređaji.

Osnovi za uređenja bujica i konzervacije zemljišta od erozije.

6. Snabdijevanje vodom i kanalizacija naselja. Glavne osobine vode za piće. Uzimanje vode za piće: izvorske, riječne, podzemne i meteorske (cisterne). Metode za prečišćavanje pitke i otpadne vode. Spori i brzi filtri. Tipovi rezervoara, njihova uloga i konstrukcija. Hidraulički proračun i dimenzioniranje mreže za vodovod i kanalizaciju. Vrste i osobine vodovodnih i kanalizacionih cijevi, kao i cijevi za mineralne i termalne vode, armature i njihova primjena. Hidrofori. Principi i norme za projektiranje i izradu kućnih instalacija vodovoda i kanalizacije. Montaža vodovodnih i kanalizacionih cijevi. Snabdijevanje vodom gradilišta (bunari, česme, cisterne). Projektiranje septičkih jama, kaptažne građevine manjeg obima.

7. Beton i betonske konstrukcije. Osnovi iz teorije armiranog i nabijenog betona. Izrada probnih tijela za kontrolu u laboratoriumu i na gradilištu. Objekti od betona: rezervoari, kanali, cijevi, cijevni propusti, kaptažne građevine manjeg obima.

8. Poznavanje potrebnih operacija iz geodezije pri snimanju vodotoka, izradi projekata i izvršenju hidrotehničkih radova. Rektifikacija instrumenata.

9. Organizacija, administracija i izvođenje hidrotehničkih radova. Organizacija gradilišta, potrebna oprema, alat i građevinske mašine. Premjer i prijem izvršenih radova. Građevinska administracija: lokacija i građevinska dozvola, ugovori sa poduzećem, dužnosti nadzornih organa, vođenje građevinske knjige, sastavljanje situacija, sastavljanje radničkih lista. Režija i mješovita režija. Klasifikacija i ugovori sa radnicima. Sanitarni i sigurnosni propisi na gradilištu.

Razrada operativnih planova i evidencija radova.

10. Osnovne odredbe Ustava FNRJ. Osnovno iz Zakona o narodnim odborima. Osnovno iz službeničkog i radnog zakonodavstva (Zakon o državnim službenicima, Zakon o socijalnom osiguranju). Osnovno iz Zakona o državnim privrednim poduzećima. Osnovno iz propisa u građevinskoj struci. Ekonomski i tehnički propisi koji se odnose na smjer iz koga kandidat polaže ispit.

**Napomena:** Kandidat treba da pokaže temeljito znanje iz one grane u kojoj je proveo pripravnički staž, ali u vezi praktične primjene teorijskog znanja.

V. C.

## P O P I S

**odgovornih rukovodilaca za pojedine vrste građevinskih objekata i radova kojima je izdana potvrda Državnog sekretarijata za poslove narodne privrede NRH do 31 XII 1955**

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 5/1955)

| Redni broj | Prezime i ime | Reg. br. |
|---|---|---|
| 400. | Balas Mate | 424 |
| 401. | Balley Rudolf | 540 |
| 402. | Barišić (Bartula) Ante | 464 |
| 403. | Barišić (Jure) Ante | 447 |
| 404. | Bašić Velimir | 523 |
| 405. | Bauer ing. Hinko | 429 |
| 406. | Bauer Vilim | 524 |
| 407. | Blažević Velimir | 520 |
| 408. | Borošić ing. Ivan | 410 |
| 409. | Božinović Nikša | 541 |
| 410. | Brnčić Šime | 497 |
| 411. | Bugarin ing. Đorđe | 559 |
| 412. | Bukarica Božidar | 425 |
| 413. | Burić Ilija | 538 |
| 414. | Carić ing. Ivan | 535 |
| 415. | Cincar Pavle | 505 |
| 416. | Crnković Ivan | 443 |
| 417. | Curiš Branko | 437 |
| 418. | Čičin-Šain ing. Ratko | 554 |
| 419. | Čolak Radoslav | 557 |
| 420. | Dasović Stipe | 491 |
| 421. | Dračić Andrija | 426 |
| 422. | Draganić ing. Antun | 434 |
| 423. | Dragičević Mate | 537 |
| 424. | Ekl ing. Božidar | 462 |
| 425. | Emili Boren | 466 |
| 426. | Felner ing. Alfred | 456 |
| 427. | Ferenšćak Mihovil | 571 |
| 428. | Feretić Nikola | 418 |
| 429. | Ferić ing. Jerko | 414 |
| 430. | Gaj arh. Ljudevit | 455 |
| 431. | Golubović ing. Rene | 534 |
| 432. | Grahek Josipa | 404 |
| 433. | Guštin Alojz | 553 |
| 434. | Hadžija Ivan | 480 |
| 435. | Hodak Stanislav | 463 |
| 436. | Hoffman Aleksandar | 492 |
| 437. | Horvatin Radovan | 452 |
| 438. | Hrabrić Danijel | 465 |
| 439. | Ilić Josip | 476 |
| 440. | Jakaša Ante | 495 |
| 441. | Jelinek ing. Slavko | 493 |
| 442. | Jelinović Slavija | 482 |
| 443. | Jovanović ing. Miroslav | 551 |
| 444. | Juranović ing. Ivo | 546 |
| 445. | Jurdana ing. Stanko | 430 |
| 446. | Kaleničenko ing. Anatolije | 558 |
| 447. | Kallay ing. Branko | 468 |
| 448. | Kalogjera ing. Berislav | 461 |
| 449. | Karlić Mate | 460 |
| 450. | Karniš Josip | 564 |
| 451. | Kapusta ing. Branko | 450 |
| 452. | Katunarić Hrvoje | 439 |
| 453. | Kinder Zlatko | 458 |
| 454. | Kiš Leonardo | 519 |
| 455. | Kloda Ivan | 575 |
| 456. | Knez ing. Dragutin | 544 |
| 457. | Knol Miroslav | 432 |
| 458. | Kolb ing. Hugo | 421 |
| 459. | Kolimbatović Uroš | 459 |
| 460. | Kotarac ing. Ivo | 532 |
| 461. | Kovačić Ante | 574 |
| 462. | Kraljić Vinko | 548 |
| 463. | Kuntarić ing. Ljubo | 529 |
| 464. | Kušt ing. Cvjetko | 525 |
| 465. | Kuželički Emil | 409 |
| 466. | Lapaine ing. Nikola | 526 |
| 467. | Leskovac Stjepan | 440 |
| 468. | Levantin Josip | 556 |
| 469. | Libiš Rajner | 473 |
| 470. | Lončarec Franjo | 572 |
| 471. | Lukinić ing. Ivo | 570 |
| 472. | Maček ing. Anton | 449 |
| 473. | Majetić Ervin | 403 |
| 474. | Majnarić ing. Ivan | 503 |
| 475. | Majorinc Vladimir | 487 |
| 476. | Malobabić Milan | 569 |
| 477. | Manestar Vuk | 547 |
| 478. | Marijanac Milenko | 415 |
| 479. | Mateljan Josip | 533 |
| 480. | Mateša Zlatko | 507 |
| 481. | Mavar ing. Bojan | 552 |
| 482. | Medur ing. Viktor | 475 |
| 483. | Mekinda Vladimir | 416 |
| 484. | Mihaljević Krešimir | 488 |
| 485. | Mikec Ivan | 485 |
| 486. | Miklavčić Engelbert | 530 |
| 487. | Miklić Ivan | 565 |
| 488. | Mišar Božidar | 567 |
| 489. | Mudnić Petar | 501 |
| 490. | Mužević Kazimir | 483 |
| 491. | Neidhardt arh. Franjo | 407 |
| 492. | Nežić Antun | 527 |
| 493. | Novak Marko | 490 |
| 494. | Novaković ing. Zdenko | 504 |
| 495. | Ogorelec Zlatko | 406 |
| 496. | Oršulić Stevo | 545 |
| 497. | Ostojić ing. Zvonimir | 419 |
| 498. | Palfi Ljudevit | 550 |
| 499. | Papić Mate | 417 |
| 500. | Parac Dragutin | 448 |
| 501. | Pelzer ing. Ljudevit | 513 |
| 502. | Pervan arh. Budimir | 470 |
| 503. | Pilar ing. Jozo | 542 |
| 504. | Piškulić Ivan | 412 |
| 505. | Pogorelić Josip | 514 |
| 506. | Popović ing. Đuro | 511 |
| 507. | Poščić ing. Dušan | 422 |
| 508. | Poštenjak Šime | 433 |
| 509. | Preksavec Stjepan | 516 |
| 510. | Radić Ivan | 522 |
| 511. | Radić Ratomir | 438 |
| 512. | Radiković Ivan | 512 |
| 513. | Radin Đuro | 508 |
| 514. | Radočaj Boris | 454 |
| 515. | Radošević ing. Anđelko | 566 |

| Redni broj | Prezime i ime | Reg. br. |
|---|---|---|
| 516. | Rako Pelegrin | 563 |
| 517. | Rako ing. Petar | 428 |
| 518. | Razmilović Marin | 515 |
| 519. | Reich Hugo | 509 |
| 520. | Ribić Vinko | 453 |
| 521. | Satler Branko | 424 |
| 522. | Selak Miljenko | 506 |
| 523. | Simić ing. Vasilije | 543 |
| 524. | Skala Oskar | 436 |
| 525. | Sokač Ladislav | 457 |
| 526. | Sorg ing. Oto | 562 |
| 527. | Sponza ing. Silvije | 486 |
| 528. | Sutlar Josip | 445 |
| 529. | Szavits-Nossan ing. Stjepan | 423 |
| 530. | Šafar Jože | 518 |
| 531. | Šakić Josip | 444 |
| 532. | Šare Juraj | 568 |
| 533. | Šegvić Dobrila | 494 |
| 534. | Šenštajn ing. Leo | 477 |
| 535. | Šepić Željko | 573 |
| 536. | Ševcov ing. Boris | 560 |
| 537. | Šikić Franjo | 496 |
| 538. | Šiprak ing. Juraj | 420 |
| 539. | Šram ing. Stanko | 435 |
| 540. | Švast Lovro | 479 |
| 541. | Švast Roko | 549 |
| 542. | Tartaglia ing. Miro | 502 |
| 543. | Tkalčić Tomislav | 528 |
| 544. | Toch ing. Hugo | 500 |
| 545. | Trdak Vladimir | 517 |
| 546. | Trstenjak Miroslav | 521 |
| 547. | Tvrdeić Ivan | 539 |
| 548. | Usmiani Ivan | 427 |
| 549. | Veretenikov Georgije | 411 |
| 550. | Veverka Zvonko | 555 |
| 551. | Viceić Šime | 536 |
| 552. | Vidaković ing. Josip | 481 |
| 553. | Viličić ing. Boško | 561 |
| 554. | Vojnić Antun | 576 |
| 555. | Vrkljan ing. Matija | 471 |
| 556. | Vrkljan ing. Željko | 498 |
| 557. | Vugrinčić Franjo | 484 |
| 558. | Vujčić Josip | 441 |
| 559. | Zagoda ing. Juraj | 499 |
| 560. | Zajec ing. Vladimir | 413 |
| 561. | Zaoral Ljudevit | 446 |
| 562. | Zimak Ivan | 467 |
| 563. | Žagar ing. Dorislav | 469 |
| 564. | Žarković Franjo | 405 |
| 565. | Žerjavić ing. Milan | 431 |
| 566. | Žingerlin Oto | 489 |

## P O P I S

**ovlaštenih projektanata za građevinsko projektiranje upisanih u spisak ovlaštenih projektanata kod Državnog sekretarijata za poslove narodne privrede NRH do 31 XII 1955**

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 5/1955)

| Redni broj | Prezime i ime | Reg. br. |
|---|---|---|
| 507. | Anić Marin | 524 |
| 508. | Aranjoš Branko | 612 |
| 509. | Balley Rudolf | 639 |
| 510. | Baranjai ing. Pavao | 522 |
| 511. | Barišić (Bartola) Ante | 578 |
| 512. | Barišić (Jure) Ante | 555 |
| 513. | Bauer Vilim | 625 |
| 514. | Blažević Velimir | 621 |
| 515. | Bombardelli ing. Vuko | 525 |
| 516. | Boriš Miroslav | 608 |
| 517. | Božinović Nikša | 640 |
| 518. | Bučić ing. Marinko | 593 |
| 519. | Bugarin ing. Đorđe | 652 |
| 520. | Burić Ilija | 637 |
| 521. | Carić ing. Ivan | 604 |
| 522. | Cincar Pavle | 607 |
| 523. | Crnković ing. Pavica | 627 |
| 524. | Čerič ing. Heribert | 539 |
| 525. | Čičin-Šain ing. Ratko | 648 |
| 526. | Domijan Danijel | 521 |
| 527. | Domjanić Nikola | 554 |
| 528. | Dračić Andrija | 538 |
| 529. | Draganić ing. Antun | 549 |
| 530. | Dragičević Mate | 636 |
| 531. | Ekl ing. Božidar | 566 |
| 532. | Emili Boren | 569 |
| 533. | Feliče-Rošić ing. Ada | 591 |
| 534. | Felner ing. Alfred | 562 |
| 535. | Franičević Branko | 568 |
| 536. | Gaj arh. Ljudevit | 561 |
| 537. | Golubović ing. Borislav | 557 |
| 538. | Golubović ing. Rene | 635 |
| 539. | Grahek Josipa | 518 |
| 540. | Guštin Alojz | 624 |
| 541. | Hodak Stanislav | 579 |
| 542. | Hološ arh. Eugen | 550 |
| 543. | Horvatin Radovan | 559 |
| 544. | Hrabrić Danijel | 577 |
| 545. | Ilić Josip | 576 |
| 546. | Jakaša Ante | 599 |
| 547. | Jelinek ing. Slavko | 595 |
| 548. | Juranović ing. Ivo | 644 |
| 549. | Jurdana ing. Stanko | 544 |
| 550. | Jurković Ivan | 552 |
| 551. | Jušnjevski ing. Petar | 534 |
| 552. | Kaleničenko ing. Anatolije | 651 |
| 553. | Kallay ing. Branko | 575 |
| 554. | Kalogjera ing. Berislav | 567 |
| 555. | Kinder Zlatko | 564 |
| 556. | Knez ing. Dragutin | 642 |
| 557. | Kolb ing. Hugo | 532 |
| 558. | Kolimbatović Uroš | 565 |
| 559. | Kompanejcev Nikola | 622 |
| 560. | Kovačec ing. Dragutin | 529 |
| 561. | Kreković ing. Vjekoslav | 545 |
| 562. | Kremžar Franjo | 657 |
| 563. | Kuntarić ing. Ljubo | 631 |
| 564. | Kušt ing. Cvjetko | 626 |
| 565. | Kuželički Emil | 585 |
| 566. | Lapaine ing. Nikola | 628 |
| 567. | Levantin Josip | 650 |
| 568. | Libiš Rajner | 573 |
| 569. | Lukinić ing. Ivo | 662 |
| 570. | Majetić Ervin | 517 |
| 571. | Majorinc Vladimir | 587 |
| 572. | Malobabić Milan | 661 |
| 573. | Manestar Vuk | 645 |
| 574. | Marčeta ing. Dušan | 597 |
| 575. | Mašek ing. Ranka | 638 |
| 576. | Mateljan Josip | 634 |
| 577. | Medur ing. Viktor | 570 |
| 578. | Mihaljević Krešimir | 588 |
| 579. | Mikec Ivan | 584 |
| 580. | Miklić Ivan | 659 |
| 581. | Mudnić Petar | 603 |
| 582. | Neidhardt arh. Franjo | 520 |
| 583. | Nežić Antun | 633 |
| 584. | Novak Marko | 590 |

| Redni broj | Prezime i ime | Reg. br. |
|---|---|---|
| 585. | Novaković ing. Zdenko | 605 |
| 586. | Ogorelec Zlatko | 516 |
| 587. | Oršulić Stevo | 643 |
| 588. | Palfi Ljudevit | 647 |
| 589. | Papić Mate | 528 |
| 590. | Parac Dragutin | 556 |
| 591. | Pavlin ing. Boris | 613 |
| 592. | Pelzer ing. Ljudevit | 616 |
| 593. | Pilar ing. Jozo | 641 |
| 594. | Pogorelić Josip | 617 |
| 595. | Pojatina Ivan | 536 |
| 596. | Popovac Joško | 594 |
| 597. | Popović ing. Đuro | 614 |
| 598. | Poščić ing. Dušan | 535 |
| 599. | Poštenjak Šime | 548 |
| 600. | Preksavec Stjepan | 619 |
| 601. | Prikril ing. Zlatko | 540 |
| 602. | Radić Ivan | 623 |
| 603. | Radić Ratomir | 609 |
| 604. | Radin Đuro | 611 |
| 605. | Radočaj Boris | 560 |
| 606. | Radošević ing. Anđelko | 660 |
| 607. | Radošević Branko | 533 |
| 608. | Radošević ing. Franjo | 581 |
| 609. | Rako Pelegrin | 656 |
| 610. | Rako ing. Petar | 542 |
| 611. | Rašica ing. Božidar | 551 |
| 612. | Razmilović Marin | 618 |
| 613. | Sila ing. Zdenko | 547 |
| 614. | Sokač Ladislav | 563 |
| 615. | Sokolov Tigrij | 523 |
| 616. | Sorg ing. Oto | 655 |
| 617. | Sponza ing. Silvije | 586 |
| 618. | Sunara ing. Bogdan | 658 |
| 619. | Sušac Miroslav | 615 |
| 620. | Szavits-Nossan ing. Stjepan | 537 |
| 621. | Šegvić Dobrila | 596 |
| 622. | Šenštajn ing. Leo | 580 |
| 623. | Ševcov ing. Boris | 653 |
| 624. | Šikić Franjo | 600 |
| 625. | Šimić Đuro | 592 |
| 626. | Škare ing. Ante | 526 |
| 627. | Švast Lovro | 582 |
| 628. | Švast Roko | 646 |
| 629. | Švob ing. Vladimir | 531 |
| 630. | Tkalčić Tomislav | 632 |
| 631. | Toch ing. Hugo | 602 |
| 632. | Trdak Vladimir | 620 |
| 633. | Tulić Vjera | 610 |
| 634. | Turina ing. Vladimir | 530 |
| 635. | Usmiani Ivan | 598 |
| 636. | Vadla Rudolf | 527 |
| 637. | Veverka Zvonko | 649 |
| 638. | Vidaković ing. Josip | 583 |
| 639. | Viličić ing. Boško | 654 |
| 640. | Vitanović ing. Krunoslav | 541 |
| 641. | Vrkljan ing. Matija | 574 |
| 642. | Zimak Ivan | 571 |
| 643. | Žarković Franjo | 519 |
| 644. | Žerjavić ing. Milan | 546 |
| 645. | Žingerlin Oto | 589 |
| 646. | Žuanić Tomislav — Andrija | 558 |

## IZUZETNE POTVRDE IZDANE RUKOVODIOCIMA RADOVA

**na temelju člana 9 Pravilnika o stručnoj spremi inženjera i tehničara kao odgovornih rukovodilaca za pojedine vrste građevinskih objekata i radova (Službeni list FNRJ broj 15/55) sa važnošću do 1. I. 1957., a izdane su do 31 XII 1955 god.**

(Nastavak popisa iz »Građevinara« broj 5/1955)

| Redni broj | Prezime i ime |
|---|---|
| 66. | Usihanov Ivan iz Crikvenice |
| 67. | Domijan Oktavijan iz Crikvenice |
| 68. | Matijašević Stjepan iz Sl. Broda |
| 69. | Kulundžić ing. Vinko iz Umaga |
| 70. | Miklić Kuzma iz Rijeke |
| 71. | Pevalek ing. Vlado iz Rijeke |
| 72. | Blagus Josip iz Zagreba |
| 73. | Fučić ing. Vojislav iz Rijeke |
| 74. | Host Renato iz Rijeke |
| 75. | Saftić Marijan iz Rijeke |
| 76. | Medur ing. Božidar iz Rijeke |
| 77. | Kršul Filip iz Selaca |
| 78. | Dorčić Ivan iz Velike Gorice |
| 79. | Cukon Josip iz Rijeke |
| 80. | Eliaš Stjepan iz Zagreba |
| 81. | Krajačić Franjo iz Senja |
| 82. | Matić Nikola iz Karlovca |
| 83. | Rupena Danilo iz Rijeke |
| 84. | Žigman ing. Zvonimir iz Rijeke |
| 85. | Lovrenčić Stjepan iz Zadra |
| 86. | Cvitić Stanislav iz Zagreba |
| 87. | Hrabrić Svetozar iz Rijeke |
| 88. | Polić Jakov iz Splita |
| 89. | Švast Slobodan iz Zagreba |
| 90. | Škomrlj ing. Jakov iz Splita |
| 91. | Perišić Radivoje iz Zagreba |
| 92. | Rendić Ivo iz Šibenika |
| 93. | Potnik Zlatan iz Umaga |
| 94. | Jurinović Josip iz Rijeke |
| 95. | Hadži-Tomov ing. Miroslav iz Dugog Sela. |

## IZ UREDNIŠTVA

### »S naših gradilišta«

**Počam od broja 6/55 našeg lista uveli smo novu rubriku »S naših gradilišta«, u želji da sadržaj lista bude što aktuelniji i interesantniji i da što više odgovara željama pretplatnika.**

**U ovoj rubrici dat će se kratki prikazi s građenja većih objekata u kojima se prikazuju interesantne i aktuelne faze na početku građenja, u toku građenja i prilikom dovršenja građenja objekta ili njegovih važnijih dijelova. Prikazi treba da u sažetom obliku dadu osnovne podatke o objektu, podatke o načinu građenja ili o interesantnim detaljima s građenja.**

**Uz tekst treba dati barem jednu dobru fotografiju koja prikazuje gotovi objekt ili detalje sa gradilišta, uređaje, instalacije i t. d.**

**Pozivamo sve naše čitaoce koji rade na gradilištima, da nam redovno dostavljaju ovakove prikaze. Objavljeni se prikazi honoriraju.**

*Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: »Tipografija« grafičko-nakladni zavod, Zagreb.*

